



Universidad Nacional Autónoma de México

Programa de Posgrado en Estudios Latinoamericanos

«Evolución del desarrollo científico y tecnológico en América Latina»

T E S I S

que para obtener el grado de
Maestra en Estudios Latinoamericanos

Presenta

Roxana Paola Rivera Cruz

Tutor

Mtro. Juan Arancibia

Ciudad Universitaria 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Evolución del desarrollo científico y tecnológico en
América Latina

Agradecimientos

Al Mtro. Juan Arancibia por dirigir esta tesis y por su respaldo y paciencia.

A la Dra. Norma Blazquez por su esmerada lectura y sus valiosas aportaciones.

Al Dr. José Ma. Calderón por sus enseñanzas.

Al Dr. Oscar Ugarteche por la otra interpretación.

Al Dr. Imanol Ordorika por su inestimable ayuda.

A la UNAM por todo lo que significa y lo que me ha dado.

A Conacyt por su apoyo para la realización de este trabajo.

A Alejandro Morales por su esfuerzo y dedicación en la corrección de estilo y cuidado de la edición de este trabajo.

Dedicatorias

A Miguel A. Yunes por estar, de una forma u otra,
aquí y compartir el orgullo de ser universitarios.

A la memoria de Pepe por su ejemplo de vida.

A mis abuelos por esta historia.

A mi papá, por tu amor, por todo lo que has hecho por nosotros, por ser la mejor pareja de baile en la fiestas, por nuestras discusiones, por tu tozudez, por preguntarte por qué si invertiste tanto en mi educación digo tantos palabros, por ese abrazo que me diste diciendo que tu sabías lo que se sentía, por tu segundo aire...

A mi mamá, por tu amor y consejos, tus risas y lágrimas, porque siempre he criticado tu genio y la forma de contestar que a veces tienes y porque me he dado cuenta que en eso soy idéntica, porque siempre sabes o sueñas lo que nos pasa y porque siempre que regreso a casa hay y habrá un delicioso platillo, como el pastel azteca, esperándome... Gracias simplemente por estar.

A Vane, mi compañera inolvidable de la niñez, porque en aquellos primeros años la vida estaba llena de comienzos y no tenía finales y todo era para siempre. Por regalarme los premios que te ganabas por no llorar cuando nos inyectaban y fomentar que rodara por las escaleras como el *Tata* gritando «quiero mi cocol»... así que supongo que también debo agradecerte que mi cabeza sea plana. Porque siempre que te invitaban a casa de tus amigas me llevabas, porque gracias a tus ahorros siempre tuve de donde robar, por las fiestas que para mí y mis amigas eran los «Eventos» —con mayúsculas—, porque aunque tenemos nuestros desencuentros siempre te has portado como una hermana y por darnos un maravilloso regalo:

A Montse, nuestra pequeña, porque tu llegada ha sido y será increíble...

A Luis, el artista, porque siempre serás mi niño, porque fuiste nuestro muñeco de verdad, porque rompías mis tareas, porque nunca te dejaste engañar con los controles del Nintendo, porque no te gustaba que se te mojara la cara en la alberca. Por tus berrinches y por gritar que no éramos tu familia y que te estábamos secuestrando, por nuestro maravilloso viaje, porque se repita. Pero sobre todo, por la casa que en unos años me vas a construir.

A Ale, porque —sin importar cómo— nunca me dejas sola; por los amaneceres compartidos y las sorpresas, porque cada vez bailas mejor y yo cada vez me duermo menos en el cine, porque no dejaste morir las plantas, porque yo soy el Homero Simpson de la relación, porque sigo pensando en ti...

A Mosta, por querer y apoyar a la cuñada incómoda, por esa gran boda en la que todos, pero sobre todo los hermanos de la novia, nos la pasamos increíble y principalmente porque cooperaste para traer a Montse.

A las gemelas, a Ive y su onda encantada y a Mayi por el aquí y ahora. Porque cuando las conocí una era «hippie» y usaba *converse* de diferente color y la otra era fresa y hablaba con la papa en la boca y porque ahora a veces las confundo; por la complicidad, porque están siempre, como la primera vez que saqué el coche o que manejé en carretera, por acompañarnos en los mejores y también en los peores eventos, por llorar y reír. A Ale B. porque la locura no se sufre se goza, porque he conocido lugares increíbles a través de tus viajes, por tus postales, por compartir literatura, por tu fuerza, por mi debut —y casi despedida— cuando retomamos la bici, por el hermoso hogar. A Viviana, *la Chilena* —un gran valor—, por sus aventuras y por ser consecuente, elocuente y alegre; por nuestros paseos culturales-culinarios, por la trompa de Ganesh, por presionarme para terminar ésta tesis y por nuestra sintonía.

A Gaby, por estar siempre, por esos grandes recuerdos, como nuestro primer beso en un juego de botella; por las grabaciones de nuestros cantos, las fotos con calcetines, arreglarnos para las fiestas de Fede y acompañarme a los partidos. Por cuidarnos en nuestras primeras noches de copas, los divertidos viajes a la playa y las tardes en las que *disque* estudiábamos. Y porque, como nos vio lentas, se puso a trabajar por todas en la reproducción y hasta ahora soy tía de 3 bellísimos sobrinos. A Gra, por las memorables aventuras en el viejo continente, porque fue la única que tomó ginebra cuando nos robamos una botella de la cava de Carlos (que en paz descansa), porque te recuerdo cuando escucho *Hey Boy, Hey Girl* —entre otras muchas canciones—, por nuestras historias que se identifican, porque los deseos se cumplen, por tu amor al arte. A Iraida por esos divertidos paseos con la *tetibanda*, porque unas veces prestada y otras robada nos vestiste, por tus consejos y enseñanzas, por las imitaciones tan chistosas que hacías, por tu afición a la lucha libre, por el «quién se está duchando» en Ixtapa cuando se inundó la casa que rentamos.

A María, por tu risa, por tu buen —y a veces muy mal— humor, por la gran sede de Fuego 965, por tu huida en bata por la ventana de tu casa, por Acapulco, por las fogatas en el

rancho, por los domingos en bici, por tu incansable lucha por los DD. HH. A Diana S., por las cartas cuando estabas en el *kibutz*, por ser una gran pareja en el dominó y el maratón, por darme posada, por la gran historia de la entrega del anillo, porque estás en momentos importantes.

A Nadia, *la Doc*, porque te puedo llamar a cualquier hora si me aqueja algún mal —que cada vez son más frecuentes—, por el viaje a Cuba con un paquete que incluía todo lo que Pedro pidió que no incluyera, por tu berrinche en *Te quedarás* y porque nos quedamos, y por no estar sólo para curarme. A Wendy, porque estamos juntas desde que me interesó el tema de esta tesis, por los viajes culinarios, porque me pusieron Rox a.C. y Rox d.C., antes y después de Culiacán, por los kilos que subí; por nuestro paso por Conacyt con grandes personajes y divertidas anécdotas.

A *la Maira*, por una gran amistad fruto de la maestría, por esas grandes charlas con vino. A Vero M., por estar desde donde esté. A Oscar R., porque la primera vez que nos solapamos nos cacharon, por la música que escuchábamos trabajando, por la ópera, porque me sacaste a bailar en el cubículo, por escuchar mis dilemas, por la agradable y añorable convivencia. A Mariana S., por un gran inicio...

A Mario A., por el cálido hogar, por su contagiosa risa, por los ricos y agradables convivios en la cocina.

Y a Gogo, por apagar las llamas de último momento.

Índice

Introducción	13
I. Una revisión histórica	21
I.1. La ciencia como factor primordial en el progreso de las naciones	21
I.2. La imagen social de la ciencia en el siglo XX	24
I.3. Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos	32
II. Industrialización en América Latina y el este de Asia	40
II.1. Modelo de sustitución de importaciones	40
II.2. Agotamiento del modelo de sustitución de importaciones	44
II.3. Estrategias de industrialización y desarrollo en el este de Asia	48
II.4. Elementos que favorecieron el crecimiento en el este de Asia	57
II.5. Instrumentos para la industrialización de los países del este de Asia	69
II.5.1. Investigación aplicada y difusión de tecnología	73
II.5.2. Incentivos para exportadores	73
II.5.3. Inversión extranjera directa	74
II.5.4. Calidad de la gestión pública	74
II.5.5. Integración industrial y competitividad internacional	75
III. Surgimiento de la política científica	79
III.1. Antecedentes	79
III.2. Modelo de desarrollo lineal	81
III.3. La «ciencia grande»	85
III.4. El <i>ethos</i> de la ciencia	87
III.5. Ciencia, tecnología y sociedad en el pensamiento latinoamericano	90
III.5.1. El pensamiento de Jorge Sábato	94
III.6. El modelo difundido por la Organización de los Estados Americanos	98
III.7. Crítica a los modelos tradicionales	100
III.8. El modelo mundial latinoamericano y la respuesta al Club de Roma	103
III.9. El proyecto Prospectiva Tecnológica de América Latina	105

IV. Ciencia, tecnología e innovación en el desarrollo de América Latina	107
IV.1. Desarrollo	107
IV.2. Innovación	109
IV.3. Sistema Nacional de Innovación	119
V. México: enfoques de la política en ciencia y tecnología	126
V.1. Caracterización del estado del desarrollo científico y tecnológico	143
V.2. Financiamiento en ciencia y tecnología	147
V.3. Formación de recursos humanos	153
V.4. Publicaciones	162
V.5. Patentes	167
V.6. Balanza de pagos tecnológica	171
V.7. Modelo Triangulo IGE de Sábado	176
V.8. Vinculación entre estructura productiva e instituciones académicas	177
V.9. Investigación con misión	182
V.10. Descentralización	183
V.11. Innovación	185
V.12. Financiamiento para las actividades de ciencia, tecnología e innovación	192
Consideraciones finales	201
Bibliografía	215
Anexos	226

Introducción

La ciencia no tiene patria, pero el
hombre de ciencia la tiene.

BERNARDO HOUSSAY

Los últimos años del siglo XX y los primeros del XXI han sido el escenario de múltiples transformaciones económicas, políticas y culturales. Durante este periodo, por un lado, se ha avanzado hacia un tipo de formación social en donde el acceso al conocimiento representa una auténtica prioridad para el desarrollo —tal y como sucede en algunos países del sudeste asiático— y, simultáneamente, por el otro, tienen lugar y se profundizan procesos de desigualdad económica, marginación social y deterioro ambiental, que han alcanzado niveles inéditos en la historia contemporánea.

Actualmente, en el marco de una globalización que está conduciendo a procesos crecientemente duros de exclusión (Castells, 1999 a), vivimos en sociedades fragmentadas, en donde los ricos se hacen más ricos y los pobres se hacen más pobres y en este contexto América Latina ve con impotencia y complicidad como sus problemas inherentes a la reproducción y mantenimiento de un nivel de vida, lejos de acercarla a los países que se apoyan en sus sistemas científicos para resolver algunas de sus necesidades, expanden continuamente la brecha entre esta región y gran parte del concierto internacional. El hambre, la enfermedad, la ignorancia, entre otros, siguen siendo factores fundamentales en un sistema que parece cada vez más enfocado a distintas problemáticas impuestas por los países desarrollados.

En este sentido, el objeto que guía este trabajo es conocer cuáles son las causas del atraso científico y tecnológico en América Latina. La principal hipótesis de esta investigación plantea que las razones por las que la ciencia y la tecnología no han evolucionado como deberían son estructurales: la falta de fondos, la ignorancia y el desinterés de los gobiernos y las trabas burocráticas —entre otros factores— son algunas de las constantes que impiden su desarrollo y que explican la realidad latinoamericana.

Por ello, y para ahondar en el diagnóstico, resulta indispensable conocer qué condiciones históricas, materiales y culturales requirieron otras sociedades para incorporarse a la revolución científica; por lo tanto, retomaremos el estudio realizado por Carlota Pérez acerca

de las revoluciones tecnológicas y entenderemos cómo es que la capacidad de una sociedad para incorporar la ciencia está ligada a condiciones políticas, económicas y sociales que la ciencia no puede crear endógenamente.

Pero antes una primera precisión: en este trabajo se hablará de América Latina como una generalidad, ya que entre las naciones se presentan puntos de convergencia respecto al tema, a pesar de la heterogeneidad existente en la región. En términos generales, se puede advertir que en casi todos los países el fomento a la investigación y el desarrollo (I+D)¹ y la innovación no es una prioridad política, situación que se traduce en los bajos niveles de inversión pública y escaso peso en los planes de desarrollo que estas tres estratégicas áreas poseen.

Desde un enfoque principalmente político y económico, se hará un análisis de la evolución de la ciencia y tecnología en Latinoamérica con el objeto de conocer algunos de los procesos claves que han condicionado su desarrollo científico y tecnológico y así poder vislumbrar qué nuevas formas de organización son necesarias en la región. Se trata de entender los hitos importantes de la historia de la ciencia y la tecnología en el siglo xx que nos permiten explicar la sucesión continua de eventos, circunstancias y determinantes exógenos y endógenos, el grado de acumulación de capacidades para el desarrollo e instrumentalización de políticas y la consolidación de la ciencia, la tecnología y la innovación en América Latina.

El atraso acumulado es muy grande y tiene graves consecuencias para la competitividad y transformación de las estructuras productivas de la región y la mejora en los niveles de bienestar y calidad de vida de la población. Por ello, es necesario analizar aquellos aspectos que son indispensables para alcanzar un verdadero desarrollo en la ciencia y tecnología nacionales, además de los recursos financieros canalizados.

También es necesario destacar la situación de desigualdad; sin embargo, ésta no sólo es consecuencia de factores externos, debemos reconocer que para mantener a nuestros países en el atraso, la estructura interna ha jugado un importante papel y, por lo tanto, constituye hasta

¹ El concepto de investigación y desarrollo (I+D) se refiere a la realización de tres categorías de actividades relacionadas. La primera es la investigación básica y consiste en aquellos estudios cuyos resultados no se ven necesariamente reflejados en aplicaciones específicas, pero que tienen como objetivo mejorar el conocimiento de un campo determinado. La segunda categoría es la investigación aplicada, la cual tiene un importante componente de ingeniería y persigue aplicaciones prácticas. Finalmente, las actividades de desarrollo buscan partir del prototipo hacia un producto que sea de utilidad para los consumidores y que se produzca en masa. Es así que el modelo denominado lineal consiste en investigación básica → investigación aplicada → desarrollo → producción en masa.

ahora el obstáculo más sólido para la reestructuración, a la cual tenemos que apostar a mediano y, sobre todo, a largo plazo.

Asimismo vemos que en los países desarrollados se hace ciencia, mientras que en las naciones en vías de desarrollo aplican esa ciencia bajo la lógica de ahorrar esfuerzos, lo cual da como resultado que se genere una actitud de dependencia y subordinación en vez de una actitud de complementariedad.

Desde hace décadas los criterios de consenso sobre las características de una cultura científica consisten en su aptitud para observar, describir, relacionar y prever por medio de métodos y recursos, pero también por su capacidad de asumir y responder a los desafíos planteados por situaciones críticas. Si todas las ciencias en sus aplicaciones prácticas están llamadas a desempeñar un papel cada vez más notable en los procesos de desarrollo, la toma de conciencia de los gobiernos en nuestro continente, acerca del valor y sentido creador de esa tradición histórica, es un elemento necesario.

El desenvolvimiento científico responde a su propia dinámica y a los estímulos u obstáculos del contexto sociopolítico en el que se desarrolla. La institucionalización de la ciencia, sus relaciones con el Estado y los vínculos de ambos con las universidades y empresas, adicionados a otros factores, son puntos de referencia para la comprensión de los procesos y para saber qué actores participan, qué insumos requieren y cómo se incentivan de manera adecuada para lograr una masa de conocimientos que ejerza un efectivo poder de atracción y estímulo.

Actualmente, el impulso de la investigación se produce por dos caminos: el Estado que se plantea objetivos sociales y la industria privada que busca aumentar su productividad. El primero tuvo como papel importante el proceso de industrialización, pero la respuesta a situaciones internas impuestas por condiciones externas generó, por un lado, un enorme aislamiento que no percibió la necesidad de aumentar la investigación científica y tecnológica, ya que eso hubiera significado planificar a largo plazo, lo cual en el caso de México —como es de todos conocido— no sucede y expresa la gran tragedia del desarrollismo sexenal. Y, por el otro, la clase empresarial cuyos intereses la llevaron a desarrollarse de manera tardía con escasas posibilidades de innovación y competitividad y prefirió las actividades mercantiles y especulativas a aquéllas que requerían grandes inversiones tecnológicas.

El aprovechamiento intensivo del conocimiento es uno de los rasgos más característicos de la sociedad moderna y su generación y apropiación han devenido en asuntos

de la mayor importancia estratégica, tan es así que el perfil de nuestra cultura está definido por los productos de la ciencia y la tecnología. De esta forma, el conocimiento se constituye en una fuerza motriz del crecimiento económico y la cohesión social, y aparecen las nociones de «economía basada en el conocimiento», «sociedad del conocimiento» y sociedad del aprendizaje» que describen un modelo ideal de producción y cultura.

Pero esta transformación no escapa a tensiones y resistencias aún en el mundo desarrollado, en donde se presentan: tendencias a la polarización desencadenadas por una injusta distribución de las oportunidades educativas; pautas de exclusión laboral que provienen de cambios tecnológicos y organizativos; desplazamiento de sectores productivos y laborales con capacidades de reconversión limitadas; diferenciación entre economías con mayores o menores posibilidades de promoción de innovaciones; confrontación entre la lógica de la producción de conocimientos en los centros académicos contra su apropiación y uso en las empresas; presión sobre las universidades en torno a sus ofertas curriculares y agendas de investigación; y tendencias a la privatización de las instituciones de enseñanza superior, —las cuales son vistas en primer lugar como proveedoras de bienes cotizados en el mercado—, por mencionar sólo algunos de los problemas que estas naciones enfrentan.

Es necesario señalar que la investigación científica es parte integral del sistema productivo, la capacidad de generar conocimiento es esencial tanto para aprovechar el conocimiento universal como para producir innovaciones; de ahí que el fortalecimiento de los sistemas de ciencia y tecnología adquiera un papel fundamental en las políticas de desarrollo.

Desde hace más de una década varios gobiernos de la región han implementado programas sistemáticos de vinculación entre los centros públicos —especialmente universitarios— y las empresas privadas, creando organismos de vinculación y transferencia, otorgando facilidades para la firma de contratos de investigación y dando financiamiento para innovación y riesgo compartido, etc., sin que, a decir de los expertos, los resultados hayan sido satisfactorios. No es que no existan esfuerzos e interacciones tecnológicas entre la ciencia y la producción en América Latina, el problema es que no constituyen un sistema autosustentable de relaciones dinámicas que definan un rumbo claro para la investigación en ciencia y tecnología vinculado con las sociedades y las economías en donde se desenvuelven.

Simón Schwartzman (1996) da cuenta de los cambios en la forma de producción de conocimientos en ciencia y tecnología. Según este autor, la investigación científica se origina y justifica cada vez más en el «contexto de aplicación» del conocimiento; esto es, en las

posibilidades y expectativas de su utilización. De esa forma, la selección de temas de investigación, los métodos, tiempos y las oportunidades no se fijan autónomamente por los científicos sino, y cada vez más, por redes de actores que persiguen los más variados intereses en relación con los conocimientos posibles, entre los cuales los empresarios, ingenieros, financiadores, tienen un papel cada vez más relevante.

Por otro lado, para Vaccarezza (1998), en las últimas dos décadas la investigación académica latinoamericana sufre un doble estatus periférico: en cuanto a su posición relativamente marginal de la comunidad científica internacional y en cuanto a su capacidad de integrarse en el contexto de aplicación marcado por la corriente de innovación y producción del capital internacional; por lo que la región se enfrenta a los problemas de su escaso desarrollo y la desvinculación frente a la sociedad a la que pertenece.

Sin embargo, debemos reconocer las limitantes de este trabajo, ya que existen numerosos temas transversales que son claves para el desarrollo científico y tecnológico de América Latina, cada uno con sus propias tensiones, los cuales podrían ser por sí mismos objeto de profundos análisis. Para subsanar parcialmente esta situación, se plasmarán algunos comentarios para compensar la falta de un tratamiento más extenso.

El primero de estos temas es el papel que juega la educación, en este caso de la ciencia. Sabemos que la educación es la punta de lanza del desarrollo de los países, además de que es considerada como un bien social y un derecho humano; no obstante, es lamentable el estado que guarda en la mayoría de los países latinoamericanos por diversas razones, pero principalmente por la insuficiencia de recursos. Para revertir esta situación es trascendental que los gobiernos la vean como una inversión y no como un gasto y que trabajen constantemente para mejorarla. Aquí entra el papel que desempeñan los profesores en la enseñanza; es necesario investigar las causas de por qué contamos con menos recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología en nuestros países en comparación con otros. Para un acercamiento a este tema, hemos anexado en la presente investigación el extraordinario artículo «¿Qué es la ciencia?» del libro *El placer de descubrir* del físico estadounidense Richard P. Feynman (2000), una de las personalidades más relevantes, —tanto desde el punto de vista profesional como humano—, de la ciencia en el siglo XX y autor indispensable para hacer una reflexión sobre la importancia del modo de enseñar la ciencia desde edades tempranas.

Creo que es muy importante —al menos lo fue para mí— que, si van ustedes a enseñar a la gente a hacer observaciones, muestren que algo maravilloso puede salir de ellas. Aprendí entonces de qué trataba la ciencia. Era paciencia. Si ustedes mirasen, y observasen, y prestasen atención, obtendrían una gran recompensa de ello (aunque posiblemente no en todas las ocasiones).

Como resultado, cuando me hice un hombre más maduro trabajaba esforzadamente en ciertos problemas, hora tras hora y durante años —a veces muchos años, a veces menos tiempo— fracasando en muchos de ellos, y tirando mucho material a la papelera. Pero de cuando en cuando aparecía el oro de ese nuevo conocimiento que yo había aprendido a esperar cuando era niño, el resultado de la observación. Pues nunca se me enseñó que la observación no valía la pena [...] Otra de las cualidades de la ciencia es que enseña el valor del pensamiento racional, así como la importancia de la libertad de pensamiento [...] (Feynman, 2000: 147-149).

Del planteamiento de Feynman se deriva el tema de la formación de investigadores en América Latina, el cual constituye un problema estructural dado el reducido número de investigadores, la masiva concentración en las universidades, el empleo de los investigadores y las consecuencias sobre las tendencias actuales en la movilidad y migración de los científicos que afectan la disponibilidad de recursos humanos calificados necesarios para el desarrollo de la región. En América Latina la denominada fuga de cerebros se ha dado, estimulada por la demanda de los países desarrollados, por diversas circunstancias; por ejemplo, la represión gubernamental llevada a cabo por las dictaduras que asolaron a la región a lo largo de la década de los setenta en el Cono Sur tuvo un impacto negativo para los sistemas científicos de esas naciones y empobreció sus instituciones de investigación y educación superior, además de que la duración de dichos regímenes impidió el retorno de muchos emigrados una vez que cambió la situación política. En contraparte, los países latinoamericanos que recibieron importantes contingentes de exiliados fortalecieron sus sistemas de investigación, como es el caso de México. Actualmente, vemos que la intensificación de la movilidad internacional está asociada a las insuficiencias de los mercados de trabajo de los países latinoamericanos para absorber a los profesionistas con adecuados niveles de remuneración y condiciones de trabajo, así como a los procesos de globalización.

Otro tema fundamental es la situación del desequilibrio de género en la composición de la comunidad científica latinoamericana, ya que aunque desde finales del siglo XX se logró la

igualdad de las mujeres en el ingreso a nivel profesional, desgraciadamente es una realidad que el sexismo y androcentrismo se ven aún reflejados en la práctica científica. Asimismo, existen diversos factores que son un obstáculo para el ingreso y permanencia de la mujer en actividades de I+D: como las dificultades para encontrar un equilibrio entre las responsabilidades profesionales y las de su rol tradicional de madres y esposas, los estereotipos en los campos disciplinares, las diferencias laborales, de contrato y nombramientos, entre otros (Blazquez y Flores, 2005). La recuperación para la historia de la ciencia de figuras femeninas silenciadas y olvidadas, el estudio empírico y la reflexión sobre la exclusión de las mujeres de la ciencia y la tecnología, son un campo de trabajo imprescindible.

También han sido importantes para el desarrollo científico latinoamericano el papel de la cooperación internacional, ya sea por medio de la formación de investigadores, el apoyo para la creación de infraestructura física, el financiamiento y desarrollo conjunto de proyectos de investigación y los análisis de las iniciativas multilaterales que nos permiten conocer los impactos que han tenido en la región; así podemos observar que los principales socios de América Latina han sido los países de la Unión Europea y Estados Unidos, lo cual nos indica que la cooperación interregional es minoritaria y que a pesar de las numerosas declaraciones e iniciativas que se han producido en torno a la cooperación científica, ésta no ha sido suficiente, por lo que es menester seguir trabajando al respecto.

Finalmente, sólo resta mencionar que el presente trabajo está dividido en cinco capítulos que abordan los diferentes temas planteados desde un enfoque regional; el único caso analizado específicamente es el de México. Inicia con un estudio sobre la idea de ciencia asociada a la filosofía del progreso. Posteriormente, se repasan algunas de las principales concepciones del uso social de la ciencia que surgen en el transcurso del siglo XX. Después se hace una revisión del estudio de Carlota Pérez sobre las revoluciones tecnológicas, en el cual sostiene que el crecimiento económico desde finales del siglo XVIII ha atravesado por cinco etapas distintas en los últimos doscientos años, como resultado de la influencia de grandes oleadas tecnológicas, cada una de las cuales ha llevado al reemplazo masivo de un conjunto de tecnologías, ya sea por sustitución o por modernización del equipamiento, los procesos y las formas de operar existentes. Pérez explica cómo cada una supuso profundos cambios en la gente, las organizaciones y habilidades; por lo que cualquier esfuerzo de crecimiento y desarrollo, tanto de países como de empresas, tendrá una mayor probabilidad de éxito si parte de comprender la evolución tecnológica en los países-núcleo del sistema mundial.

La tesis continúa con un diagnóstico de los obstáculos tanto estructurales como institucionales que se interponen en la relación investigación y producción en los países latinoamericanos a partir del proceso de industrialización de los mismos. Aquí también se revisan las principales características del modelo de industrialización de los países del este de Asia, se comparan las estrategias entre las dos regiones con el propósito de sacar algunas lecciones útiles para América Latina y se hace un recorrido de la política científica en nuestra región desde su surgimiento hasta la actualidad. En el cuarto capítulo se presenta el vínculo que existe entre la noción de desarrollo —entendido como la conjunción de crecimiento económico, mejora progresiva de los ingresos del conjunto de la población y a cierta estabilidad y sustentabilidad de ambos procesos (Sutz, 1997: 183)— y la innovación. Y, por último, revisaremos la evolución de la ciencia y la tecnología en México, con la finalidad de conocer los obstáculos que hemos enfrentado, apreciar la persistencia de los problemas, evaluar lo que se hizo, —y lo que no— en los últimos sexenios y de contribuir a dar una idea del estado actual de la ciencia en nuestro país.

I. Una revisión histórica

La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de vida de todo progreso.

LOUIS PASTEUR

I.1. La ciencia como factor primordial en el progreso de las naciones

Debido a la Revolución industrial, a lo largo del siglo XIX los países centrales o desarrollados registraron un acelerado cambio que modificó las orientaciones de su desarrollo económico, social y las formas de vivir y pensar; así la ciencia, la industria y el dinero se proyectaron como logros y desafíos. En este periodo se lograron varias de las conquistas científicas que favorecieron los avances de la técnica y la industria —motor de vapor, telégrafo, fotografía, etc.— y que posteriormente se difundieron al resto del mundo.

En el diccionario de la Real Academia Española, progreso —del latín *progressus*— se define como: acción de ir hacia delante, avance, adelanto, perfeccionamiento. Por otra parte, Gregorio Weinberg (1998) plantea que los progresos de la industria consisten en el empleo de máquinas para los trabajos más penosos y monótonos, de cuya servidumbre el hombre se ve liberado, aumentando su bienestar. Ese progreso se asienta con el impulso del desarrollo industrial y del comercio internacional, y de esta forma, América Latina se introduce al mercado internacional articulando nuevas formas de dependencia.

No obstante, los excedentes acumulados por nuestros países no se invirtieron con modernos criterios económicos ni productivos, no existían las clases sociales ni los estímulos o expectativas necesarias para hacerlo, sino que se gastaban muchas veces en consumos suntuarios, el progreso únicamente parecía sinónimo de consumir más. Las desigualdades sociales aumentaron ya que la riqueza se acumuló en reducidos núcleos de la población, como prueba de la distribución de esos mismos excedentes. El progreso también significó una modificación profunda en la distribución de la producción y del empleo.

Esta «filosofía del progreso» está vinculada a una cierta concepción del liberalismo que, por lo menos en teoría, postula la no injerencia del Estado en las actividades económicas; sin

embargo en la práctica, éste participó en forma creciente durante ese período. En el caso de la política agraria, en nombre del liberalismo y del progreso, se contribuyó a la destrucción de las comunidades indígenas y al apoderamiento de sus tierras con créditos a largo plazo; en otros lugares, el mismo Estado contribuyó para ensanchar el ámbito de influencias de los sectores tradicionales. Por medio del sistema bancario, los créditos siempre favorecieron a los grupos vinculados a la exportación, los cuales en realidad constituyen una forma de subsidio; cuando falta mano de obra se desarraiga al indígena para proveer de peones a las haciendas o se estimula y financia una política migratoria.

Debido al crecimiento de los conglomerados urbanos, y a la diversificación de sus sectores productivos, la estructura social se hace más compleja y aparece una incipiente clase media que genera el surgimiento de un sector de servicios administrativos igual de complejo. Otra de las consecuencias del progreso es la mayor participación en el comercio internacional, se venden nuevos productos y aumenta la cantidad exportada de los tradicionales. En aquella época, prácticamente en toda América Latina había una gran inestabilidad política, económica y social debido a guerras civiles y gran parte de los establecimientos científicos quedaron desmantelados.

Durante décadas se frustraron todos los intentos de organización, no se lograba la estabilidad ni la consolidación de las instituciones; la paz parecía una verdadera y muy sentida necesidad, era necesario terminar con los enfrentamientos entre conservadores y liberales, acabar con las revoluciones, que no eran otra cosa que golpes de Estado. Todas esas carencias recomendaban la aceptación de una *filosofía de orden*, capaz de encaminar a nuestros países hacia el progreso (Weinberg, 1998: 54).

Es aquí cuando aparece el positivismo como respuesta a esas inquietudes; sus ideas de proponer el progreso como fin y como objetivo se difundieron alcanzando un eco y una influencia decisivos; aunque en pocos lugares con tanta profundidad y trascendencia como en México, en donde el grupo llamado «los científicos» ocupará algunos de los puestos clave en el gobierno. Gabino Barreda —uno de los mayores ideólogos de esa corriente— planteaba que en adelante nuestra divisa tendría que ser: libertad, orden y progreso, la libertad como medio, el orden como base y el progreso como fin.

El triunfo de los sectores liberales sobre los conservadores o tradicionales significó, si bien no cambios siempre decisivos, sí su modernización. Justo Sierra —uno de los principales intelectuales liberales mexicanos de aquella época— compartió dicho pensamiento y trató de llevarlo a la práctica, señalaba que eran liberales porque estaban convencidos de que la libertad era una aspiración ideal que sólo se alcanza por medio del orden y, al mismo tiempo, eran conservadores porque se oponían a las revoluciones y a la subversión, «Menos derechos y menos libertades, a cambio de mayor orden y paz». El diferente peso específico concedido a las libertades políticas y económicas se explica ya que la libertad de comercio era equivalente a la libertad de enriquecerse y, por consiguiente, importaban menos las libertades políticas y los derechos electorales. Juan José Saldaña hizo una observación a la conocida frase de Justo Sierra «la ciencia no ha prometido la felicidad sino la verdad» argumentando que era un uso ideológico del saber científico para posponer las demandas sociales (Weinberg, 1998: 57).

El nuevo orden se vio reflejado en la educación, las industrias, ferrocarriles, capitales extranjeros y brindaba a sus beneficiarios el acceso al «confort», desde entonces confundido con «civilización». No se advirtió que las inversiones encaminaban a nuevas formas de dependencia que se convertirían en obstáculos al crecimiento.

El optimismo de la *filosofía del progreso* y sus múltiples realizaciones en todos los órdenes escondía las contradicciones y desgarramientos de una sociedad que aceptó como eficaces los modelos prestigiosos, sin someterlos antes a una crítica adecuada para desentrañar sus consecuencias inmediatas y mediatas. No se alcanzaron soluciones satisfactorias y perdurables (Weinberg, 1998: 62).

De esta forma, el afianzamiento de los Estados nacionales en América Latina no correspondió con una nacionalización de la ciencia, dado que el fuerte eurocentrismo presente en la región obstaculizó la percepción de sus propios problemas y necesidades. Con el positivismo y su idea de progreso se articuló una nueva forma de dependencia que hizo que los países centrales elaboraran productos manufacturados, mientras los periféricos proveían de materias primas.

I.2. La imagen social de la ciencia en el siglo XX

La verdadera ciencia enseña, sobre todo,
a dudar y a ser ignorante.

MIGUEL DE UNAMUNO

A principios del siglo XX, en América Latina, el desarrollo científico estuvo asociado al positivismo europeo y a esquemas de modernización basados, principalmente, en la inmigración del viejo continente, la atracción de capitales y la adquisición de conocimientos externos, en un contexto en donde la demanda de investigación local era casi inexistente, ya que la economía regional se caracterizaba por una industrialización muy primaria y por ser exportadora de materias primas.

Durante buena parte del siglo pasado, la imagen social de la ciencia estuvo impuesta por el programa filosófico que desde los años veinte elaboró el Círculo de Viena, el cual establecía los criterios que permitirían distinguir a la ciencia de otras formas de conocimiento. La obra de Wittgenstein, y sus doctrinas sobre un lenguaje lógicamente perfecto, cautivó a los positivistas lógicos, para quienes «la teoría verificacionista del significado» jugó un papel central en su filosofía. Dicha teoría se resumía con la frase «el significado de un término es su método de verificación». Este principio buscaba la verificación de lo que se decía en los postulados teóricos —y también en el lenguaje ordinario— y trataba, particularmente, de desarrollar un lenguaje lógicamente perfecto para evitar errores en nuestra concepción del mundo y, en términos generales, evitaba hablar sin sentido; el cual fue denominado peyorativamente por los positivistas lógicos como «lo metafísico», para quienes el desarrollo de la ciencia se da primero con generalizaciones empíricas formuladas en términos observacionales. Para ellos, la ciencia procede de abajo hacia arriba, de hechos particulares a generalizaciones teóricas de fenómenos, y el crecimiento del conocimiento científico sigue la lógica inductiva: de lo particular a lo general, de hechos a leyes, de lo concreto a lo abstracto, de lo observable a lo medible. Esta caracterización del proceder y avance de la ciencia presentaba varios problemas, por lo que surgieron críticas importantes hacia los positivistas (Losse, 2000).

Por ejemplo, Karl Popper sustituye el criterio de verificación por el de falsación y reconoce que no disponemos de un criterio de verdad; no obstante, su epistemología tiene influencia de la tradición positivista, la cual está centrada en el contexto de justificación y

descuida el contexto del descubrimiento —como las circunstancias sociales y culturales que inciden en la generación de dicho conocimiento—. La crítica de Popper comienza con una revisión del problema de la inducción, también llamado «problema de Hume». David Hume mostró que no existe ninguna cantidad suficiente de enunciados de observaciones particulares que nos permita inferir lógicamente, y sin restricciones, un enunciado general o ley. Es decir, el modelo «tradicional», en este caso el modelo positivista lógico, de acumulación y justificación del conocimiento científico propone ir de lo particular y observable a lo general y teórico. Sin embargo, esta posición es insostenible ya que no aclara cómo se transforma en términos lógicos una observación particular en una ley universal. Popper atacó el problema de la inducción al volver ilegítima la distinción observación-teoría, que no es otra cosa que una nueva etiqueta del argumento de la «tabula rasa» atribuido a Francis Bacon. La distinción observación-teoría afirma la posibilidad de observar primero y hacer teoría después. Este argumento afirma que al conocer la realidad, el sujeto cognoscente es como una tabla cuya superficie está perfectamente plana o rasa y que, al momento de conocer «algo» de la realidad, es impactado por tal conocimiento dejando su huella en él o ella (Losse, 2000).

Tanto el modelo inductivo como la distinción observación-teoría afirman que es posible ir de lo particular a lo general; es decir, primero se observa y después se concibe la teoría. Es hasta el momento en que hemos observado varias cosas particulares que estamos listos para teorizar y, eventualmente, llegar a formular leyes universales, antes no. El sujeto «colector de datos» —del modelo inductivo— es el mismo sujeto que «observa» primero y «teoriza» después en la distinción observación-teoría, el cual es «impactado» por la realidad —en la tabula rasa de Bacon—. Popper, al criticar el modelo positivista de la ciencia y del crecimiento del conocimiento científico, vuelve ilegítimos el problema de la inducción, la distinción observación-teoría y el argumento de la tabula rasa; y afirma que el sujeto que conoce la realidad no puede «deshacerse» de sus expectativas, prejuicios y concepciones del mundo físico y social al entrar en contacto con ésta. Lo importante es que constantemente estamos elaborando teorías acerca del mundo y constantemente las estamos probando. No somos tabulas rasas recogiendo datos para después hacer teorías, no podemos serlo, ya que estamos inmersos en un mar de expectativas, prejuicios, concepciones, etc., que nos llevan a teorizar a cada momento sobre el mundo. A estas teorías las llama «conjeturas» (Popper, 1977).

Para trasladar la crítica de Popper al problema de la inducción, se pueden contrastar las diferencias entre el principio de verificación y el principio de falsación. En este sentido, las

generalizaciones empíricas resultan ser, aunque no verificables, falseables. Esto significa que las leyes científicas pueden ser contrastadas a pesar de que no se pueden probar —verificar— mediante intentos sistemáticos de refutación. Es decir, el crecimiento de la ciencia se da en términos de conjeturas y refutaciones, una condición para que una teoría sea considerada científica es que su contenido sea refutable, en caso contrario ésta será pseudocientífica. Las conjeturas corresponden a las expectativas, hipótesis y teorías que los científicos tienen acerca del mundo y que ponen a prueba y refutan a cada momento. El avance del conocimiento científico se da con base en conjeturas que son probadas y refutadas por medio del ejercicio de la crítica de la comunidad científica y del propio investigador (Popper, 1977).

Las filosofías clásicas de la ciencia, tanto en su versión verificacionista como en la falsacionista, se estancaron y empezaron a debilitarse al comienzo de la década de los cincuenta. En los años sesenta aparece la obra de T.S. Kuhn, quien inaugura un nuevo enfoque que enfatiza en la dinámica de la ciencia y en el contexto del descubrimiento. La mayor parte de los estudiosos reconocen que su obra *La estructura de las revoluciones científicas* (1962) señala el punto de inflexión en la imagen tradicional de la ciencia y el arranque de ulteriores visiones sociológicas que llevarían hasta el límite muchas de sus ideas. Su trabajo ofrece una imagen de la ciencia en el devenir histórico consistente en períodos de ciencia normal y de ciencia revolucionaria. En forma paralela a este concepto cíclico de la evolución de las ciencias, introdujo también la famosa idea del «paradigma», la cual representó la teoría general o conjunto de ideas aprobadas y sostenidas por una generación o un grupo coherente de científicos contemporáneos.

De acuerdo con el esquema de Kuhn, los ciclos a los que están sometidas las ciencias en la historia se inician por una etapa más o menos prolongada de «preciencia» o periodo «preparadigmático», durante el cual se colectan observaciones casi al azar, sin plan definido, sin referencia a un esquema general y, paulatinamente, un sistema teórico adquiere aceptación general, de esta forma surge el primer paradigma de la disciplina. Un paradigma está formado por la amalgama de una teoría y un método y juntos constituyen una forma especial de ver el mundo. Una vez establecido, la etapa de «preciencia» es sustituida por un periodo de «ciencia normal» caracterizado porque la investigación se desarrolla de acuerdo con los dictados del paradigma prevalente; es decir, que sigue los modelos que ya han demostrado tener éxito dentro de las teorías aceptadas. Durante este periodo los investigadores no se enfocan en el avance del conocimiento sino a resolver problemas o «acertijos» dentro de la estructura del

paradigma correspondiente; en otras palabras, lo que se pone a prueba no es la teoría o hipótesis general, como quiere Popper, sino la habilidad del hombre de ciencia para desempeñar su oficio, en vista de que si sus resultados no son compatibles con el paradigma dominante lo que está mal no es la teoría sino los resultados del investigador. Así, los resultados incompatibles se acumulan progresivamente en forma de anomalías, en lugar de usarse como argumentos para forzar el cambio de la teoría por otra u otras que las expliquen y sólo cuando se alcanza un nivel intolerable es cuando el paradigma se abandona y se adopta uno nuevo que satisfaga no sólo los hechos explicados por el anterior sino también todas las anomalías acumuladas.

Por otra parte, a la ciencia que se realiza durante el periodo en que ocurre este cambio Kuhn la llama «revolucionaria». Siguiendo con este autor, las ciencias maduras suelen desarrollarse por saltos revolucionarios que sustituyen un paradigma científico por otro, con períodos intermedios de ciencia normal. En los períodos de cambio se asiste a una reconstrucción del campo científico sobre nuevos presupuestos, tanto desde el punto de vista teórico como desde el observacional (Kuhn, 1992).

Estas ideas se oponen de manera más o menos frontal al esquema de la ciencia de Popper, ya que mientras este último postula que el cambio de una teoría científica por otra proviene de la falsificación de la primera y el mayor poder explicativo de la segunda, es decir, se trata de un proceso lógico y racional, Kuhn insiste en que la historia muestra que el rechazo de una teoría científica y su sustitución ha obedecido mucho más a fuerzas irracionales e ilógicas relacionadas con factores sociológicos como autoridad, poder o grupos de referencia —los cuales determinan la conducta científica— que con principios racionales.

Kuhn define la ciencia como la acción colectiva de comunidades científicas que usan una serie de métodos, conceptos y valores compartidos. Las disputas científicas se dirimen no sólo con valores cognitivos sino también, y de modo fundamental, con factores sociales y culturales. El cambio de paradigma científico se produce cuando, tras una controversia, todos los científicos de un área incorporan un determinado modo de ver y explicar los problemas. Durante los períodos de controversia se manifiesta la inconmensurabilidad —término que tomó de la geometría y que significa «sin medida común»— de teorías rivales: los propios conceptos básicos cambian de significado y cada paradigma en pugna percibe de forma diferente un mismo fenómeno de observación. No es posible la «traducción» de una teoría a otra ni la mera reducción de una de ellas a la otra. La originalidad de Kuhn consistió en

mostrar que la resolución de conflictos entre teorías rivales no sólo recurre a valores epistémicos y cognitivos sino que depende también de factores externos a la propia ciencia.

La obra de Kuhn terminó con la imagen positivista de la ciencia y entró en pugna con las ideas por entonces en boga de Popper y aunque ha sido criticada en cuanto a la resolución de los problemas que plantea, inició toda una tradición crítica desde las ciencias sociales que ha supuesto un vuelco en el modo de considerar la empresa tecnocientífica. Se puede decir que desde Kuhn es imposible dejar de lado los aspectos históricos y sociales de la ciencia a la hora de entender este modo de conocimiento.

Otro autor relevante es Robert K. Merton, considerado como el padre de la sociología de la ciencia, su período de máxima influencia llegó hasta los años setenta. El programa «mertoniano» se mueve en torno a la ciencia considerada como institución social sin abordar su núcleo epistemológico y nos habla de cómo los científicos se han visto obligados a tomar conciencia de sí mismos, como elementos que forman parte de la sociedad y tienen obligaciones e intereses.

El *ethos* de la ciencia es ese complejo, con resonancias afectivas, de valores y normas que se consideran obligatorios para el hombre de ciencia. Las normas se expresan en forma de prescripciones, proscipciones, preferencias y permisos. Se las legitima en base a valores institucionales. Estos imperativos, son internalizados por el científico, moldeando su conciencia científica. Aunque el *ethos* de la ciencia no ha sido codificado, se lo puede inferir del consenso moral de los científicos tal como se expresa en el uso y la costumbre, en innumerables escritos sobre el espíritu científico y en la indignación moral dirigida contra las violaciones del *ethos* (Merton, 1985: 357).

El problema que aborda Merton se refiere al estudio comparativo de la estructura institucional de la ciencia. «Se brinda oportunidad de desarrollo a la ciencia en un orden democrático que se halle integrado con el *ethos* de la ciencia» (Merton, 1985: 357). Esto no significa que la actividad científica esté limitada a las democracias sino que también las más diversas estructuras sociales han brindado apoyo a la ciencia en cierta medida. Asimismo, existe la cuestión adicional de la proporción de los logros científicos con respecto a las potencialidades científicas.

Para Merton 1985 el fin institucional de la ciencia es la extensión del conocimiento certificado. Los métodos técnicos empleados para alcanzar este fin proporcionan la definición de conocimiento apropiada: enunciados de regularidades empíricamente confirmados y

lógicamente coherentes —que son, en efecto, predicciones—. Los imperativos institucionales —normas— derivan del objetivo y los métodos. Propone su visión de la comunidad científica como un grupo social diferenciable por una serie de normas no escritas; el llamado *ethos* científico: a) comunalismo, disseminación accesible y pública de los resultados a los demás científicos y a la sociedad; b) universalismo, no exclusión por ningún criterio exterior a la ciencia; c) desinterés, evitación de intereses y prejuicios materiales; d) originalidad, apertura a la novedad intelectual; y e) escepticismo organizado, que sirve de base a las polémicas científicas y a la evaluación crítica de unos científicos por otros. La escuela mertoniana desarrolló además numerosos estudios sobre la expresión histórica de este *ethos* y sus eventuales anomalías, los fraudes científicos y sobre la quiebra del universalismo meritocrático debido a la posición inicial de ventaja de ciertos individuos o grupos, etcétera.

Por otra parte, desde hace varios años la sociología ha venido insistiendo, con diversas metodologías y enfoques, en la idea de que el mismo conocimiento científico, en todas sus fases de realización, es un producto social. En general, los sociólogos de la ciencia están de acuerdo en la adopción de un relativismo epistémico; es decir, que el conocimiento está enraizado en un determinado tiempo y cultura y no se limita a ser una reproducción de la naturaleza. A partir de lo cual se ha inaugurado una línea heterogénea de investigaciones interdisciplinarias, que se conocen con el nombre de Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) o Estudios sobre Ciencia y Tecnología.¹ En América Latina el origen de este movimiento se encuentra en la reflexión de la ciencia y la tecnología como una competencia de las políticas públicas. De tal forma, aun sin formar parte de una comunidad consciente identificada con los CTS, ésta se configuró como un pensamiento latinoamericano en política científica y tecnológica.

Otro estudio interesante es el que realiza Joseph Ben-David (1974), en el que expone las diferencias que hay entre la actividad científica de varias épocas y lugares y explica que son debido a: a) el cambio de valores e intereses sociales entre las poblaciones como un todo que encauzaron la motivación de las personas para respaldar, dar crédito o dedicarse a las ciencias; y b) la organización de los trabajos científicos para poner en el mercado los productos de las investigaciones y para fomentar la iniciativa y la eficiencia. Ben-David plantea que los trabajos científicos de un país llegan a constituir un subsistema relativamente autónomo de la sociedad cuando las personas se ganan la vida trabajando como científicos, la sociedad busca los

¹ Sobre el tema consultar a Solla Price, Derek (1973).

servicios de los científicos o las personas científicamente preparadas obtienen regularmente empleos en diferentes contextos y participan como grupo en los procesos políticos e ideológicos de dicha sociedad.

Explica que durante los siglos XV y XVI el cambio en la ciencia se debió al surgimiento de grupos influyentes de personas económica y socialmente móviles, en diferentes lugares de Europa, quienes buscaban una estructura cognoscitiva compatible con sus intereses y existía la creencia de que los métodos científicos llegarían algún día a proporcionar la clave para comprender al hombre y a la sociedad. Hasta mediados del siglo XIX, las diferencias en el crecimiento de la ciencia en los diferentes países siguieron determinándose por los valores e intereses sociales en general, más que por la incipiente organización del trabajo científico. Este autor considera que los sistemas descentralizados han sido más eficientes para producir y seleccionar nuevos tipos de papeles y organizaciones que los centralizados. Debido a los numerosos modos impredecibles en que se puede utilizar la ciencia, una mayor cantidad de los experimentos realizados por quienes compiten entre sí tiene probabilidades de producir una demanda más amplia y, por ende, mayores erogaciones en las ciencias, que las decisiones tomadas centralmente por unos cuantos hombres. Si la investigación depende principal o exclusivamente del gobierno central, ésta favorecerá indebidamente las funciones de dicho gobierno, en vez de satisfacer las necesidades sociales (Ben-David, 1974).

La razón por la cual los pequeños países tuvieron relativamente poca influencia en la organización de la ciencia en el mundo, fue la falta de competencia internacional efectiva entre las unidades de organización científica, lo cual dificulta la movilidad de los maestros, estudiantes y de los recursos por medio de las fronteras nacionales. Por consiguiente, la difusión internacional de los modelos de organización no se produjo como resultado de la competencia entre unidades iguales sino mediante la imitación de las innovaciones efectuadas en los países desarrollados. Y entre éstos y las naciones menos avanzadas hay grandes diferencias: a) en cuanto al grado de centralización del financiamiento, la dirección de la instrucción y las investigaciones científicas; y b) en cuanto al punto hasta el cual las funciones de enseñanza e investigación se combinan y las realizan las mismas personas en las mismas organizaciones o diferentes personas en distintas instituciones (Ben-David, 1974). Por lo tanto, las normas científicas deben fomentar las investigaciones y estimular adecuadamente los usos económicos de la ciencia, ya que el costo de las investigaciones aumenta con rapidez. Debido a que la ciencia es una actividad creativa, y un medio al mismo tiempo que un fin, no puede

haber normas universalmente aplicables para determinar qué cantidad es adecuada para una sociedad; solamente puede haber mecanismos buenos o malos para regular su nivel.

Para Ben-David los períodos de oposición a los valores del cientificismo, y al empujamiento de la importancia de la ciencia, se deben a la incapacidad científica para terminar con ciertas ansiedades humanas básicas y resolver los problemas sociales. Afirma que el poder de la ciencia es una creencia utópica, así como pensar que puede resolver todos los problemas de la humanidad.

En este apartado pudimos observar que las teorías del crecimiento o progreso por acumulación y reducción de la ciencia, así como la gran preocupación positivista por la verificación, fueron seriamente cuestionadas y superadas por el falsacionismo popperiano. Del mismo modo, durante la década de los sesenta tanto el positivismo lógico como el falsacionismo, junto con sus ideales de progreso y racionalidad científica, fueron duramente criticados por autores que enfatizaban el papel de la historia externa y/o la psicología y sociología del conocimiento en el análisis de la actividad científica. Y que, a pesar de la imposibilidad de llegar a un consenso acerca de la imagen de la ciencia, sabemos que cuando menos aquéllos que discuten acerca de ésta poseen una imagen más o menos «común», ya que existen ingredientes identificables en su imagen actual, como son: la concepción filosófica que la considera un intento del sujeto cognoscente por saber algo del mundo real y que las verdades acerca de éste son verdaderas, independientemente de quien las piense; la existencia de una distinción clara entre teorías científicas y otro tipo de creencias, ya que a pesar de que son comunes los comienzos falsos —de una teoría, modelo, etc.—, la ciencia en mucho procede con base en lo ya sabido —al conocimiento acumulado—; la presencia de una diferenciación importante entre los reportes de observación y las proposiciones teórica, debido a que la observación y la experimentación proveen la fundamentación para la justificación de las hipótesis y las teorías; y, finalmente, que las teorías tienen una estructura deductiva y las pruebas a las que éstas se someten son deducciones de reportes observables a partir de postulados teóricos y que los conceptos teóricos son precisos.

La importancia de estos autores radica en que con sus postulados nutrieron la evolución del campo de estudio de los CTS, los cuales abordan los complejos problemas de la relación de la ciencia y la sociedad; relación que como veremos más adelante, en América Latina aparece como un proceso de forma paralela a la emergencia de políticas públicas

referidas a la actividad científica y tecnológica, y a la conciencia creciente de las posibilidades y peligros que derivan de esas actividades.

I.3. Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos

En este apartado veremos como el rumbo definitivo y el impacto de cada revolución tecnológica son definidos por las diversas fuerzas sociales en juego. La autora Carlota Pérez explica cómo la efectividad con la que cada grupo social y cada país pueden influir sobre la forma que tomará el futuro depende de hasta dónde éstos comprenden —o intuyen— el carácter específico de esa revolución y de las opciones que abre.

Pérez toma como marco de referencia la teoría de las ondas largas en el desarrollo económico propuesta por Kondratiev² y Schumpeter. Ambos plantean que, desde la Revolución industrial a fines del siglo XVIII, el crecimiento económico mundial ha experimentado ciclos de cincuenta a sesenta años, con veinte o treinta de prosperidad seguidos de veinte o treinta de crecimiento desigual, recesiones e incluso depresiones. Para Schumpeter, la explicación de tal comportamiento sería el surgimiento de revoluciones tecnológicas sucesivas y las dificultades de su asimilación. Cada revolución tecnológica es un «huracán de destrucción creadora»³ que transforma, destruye y renueva el aparato productivo mundial. En los últimos dos siglos se registran cinco grandes «edades doradas» de prosperidad generalizada, surgidas después de largos períodos de inestabilidad y turbulencia. Se advierte que detrás de cada gran auge se encuentra una revolución tecnológica.

Una revolución tecnológica puede ser definida como un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo. Se trata de una constelación de innovaciones técnicas estrechamente interrelacionadas, la cual suele incluir un insumo de bajo costo y uso generalizado —con frecuencia una

² Kondratiev, Nicolai (1979).

³ Pérez (2004: 49) habla de cómo a Schumpeter se le atribuye la noción de destrucción creadora o modo de describir la naturaleza contradictoria de las revoluciones tecnológicas. El cual veía el capitalismo como un «proceso de mutación industrial [...] que revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos». Para mayores referencias ver Schumpeter, Joseph A. (1971).

fuerza de energía, en otros casos un material crucial— además de nuevos e importantes productos, procesos, y una nueva infraestructura. Esta última usualmente hace avanzar la frontera, en cuanto a la velocidad y confiabilidad del transporte y las comunicaciones, a la vez que reduce drásticamente el costo de su utilización (Pérez, 2004: 32).

Cada una de estas constelaciones revolucionarias irrumpe en un país o región particular, pero se difunde mucho más allá de los confines de las industrias y sectores en donde se desarrolló originalmente. Es así como durante esa etapa el país-núcleo en el que se desarrolla cada revolución tecnológica se convierte en el líder económico mundial. Es por eso que, a pesar de que las revoluciones tecnológicas impulsan oleadas de desarrollo que a largo plazo son fenómenos mundiales, y dado que la propagación del cambio es gradual y se dirige desde el núcleo hacia la periferia, la fecha en la que se origina el despliegue de la revolución no es la misma para todos los países, incluso en algunos casos los avances pueden llegar hasta dos o tres décadas después⁴.

La primera de estas revoluciones inicia a finales del siglo XVIII en Inglaterra. La llamada Revolución industrial se origina gracias a la mecanización de los procesos de hilado del algodón, el uso del hierro para la maquinaria, la energía hidráulica y la proliferación del sistema de canales para facilitar el transporte de mercancías. Todas estas innovaciones transformaron radicalmente el comercio de la época generando un potencial de riqueza que encumbra económicamente a Inglaterra, la sitúa por encima de sus competidores y la convierte en la primera potencia mundial.

La segunda comienza en 1829 debido, principalmente, a la aparición de la máquina de vapor y los ferrocarriles, pero también al desarrollo en el uso del hierro, el carbón, las máquinas-herramienta y la ingeniería mecánica. Su despliegue lleva al *boom* victoriano de los años cincuenta y sesenta; su lógica productiva se va convirtiendo en el patrón tecnológico de toda Europa y de Estados Unidos, país que para esa época está en camino de superar su condición de subdesarrollado. La tercera revolución inicia en 1875. Es el auge del acero, la ingeniería pesada, eléctrica, química, civil, naval, una época de gran desarrollo científico tecnológico que constituye el núcleo del primer proceso de globalización. Sobre rieles estándar de acero barato se cruza el globo terráqueo por ferrocarril, acompañado por el telégrafo y el

⁴ Ver Pérez, Carlota (2004).

teléfono transcontinentales. Se incorpora la máquina de vapor para transportarse, se evoluciona de los barcos de vela a los barcos con máquinas de vapor, lo que significó una inimaginable reducción en el tiempo de viaje. Los países del hemisferio sur, como Australia, Nueva Zelanda, Argentina, entre otros, se integran a los grandes mercados desarrollados. El transporte rápido, la refrigeración y el Canal de Suez, acortan la distancia del mercado para el trigo y la carne y permiten llevar productos contra estación. Ese proceso de globalización sustentó la *belle époque* durante los primeros años del siglo XX y a la cabeza aparecen Estados Unidos y Alemania tratando de quitarle la hegemonía a Inglaterra.

La cuarta revolución surge en 1908 con el modelo T de Ford y comienza la producción de automóviles en serie. Inicia la época del petróleo, el automóvil, los productos sintéticos de origen petroquímico, la producción en masa, la difusión universal del motor de combustión interna y la electricidad. Para la gente de las primeras dos décadas debió ser impresionante presenciar la proliferación de los automóviles, la aparición del avión, el uso generalizado del teléfono y la electricidad, la mecanización de las tareas del hogar y la sustitución de los materiales naturales por sintéticos. Fue con base en esta revolución tecnológica que treinta años más tarde se dio la llamada «edad de oro» de la postguerra, época que presenció el más grande auge en el nivel de vida de los países desarrollados y un avance nada desdeñable en los países periféricos, la cual duró hasta la crisis energética. En ésta revolución Estados Unidos alcanza la hegemonía.

La quinta —y actual— es una revolución que resulta de la integración de dos vertientes de cambio: una iniciada en Estados Unidos a partir de 1971 cuando aparece el microprocesador de Intel que es el *big-bang* de la revolución informática y allí empieza la «era de la informática», conjunto formado por la microelectrónica, las computadoras, los sistemas de producción flexibles y las telecomunicaciones digitales que estamos viviendo ahora, es la segunda globalización. Esta revolución tecnológica sólo ha vivido la mitad de su historia, tenemos por delante todavía la otra mitad y aún falta la revolución de las telecomunicaciones, que supuestamente vendrá después. También se habla de otra, desarrollada en Japón, la llamada revolución organizativa, adoptada cada vez más ampliamente desde los años ochenta.

Para Carlota Pérez es probable que la próxima revolución tecnológica sea la época de la biotecnología, nanotecnología, bioelectrónica y de los nuevos materiales.

De alguna manera se combinarán, uno nunca puede predecir cuál va a ser digamos la ruptura tecnológica específica que va generar la siguiente revolución tecnológica, pero lo que sí puede vislumbrar con cierto grado de seguridad es el conjunto de tecnología que van a formar parte de eso sea cual sea la ruptura tecnológica que lo hace. En los años 50', 60', incluso en los 40' y los 30', ya se veía la electrónica como una industria importantísima, la televisión, el radar, los computadores IBM grandes, aquéllos de las tarjetas que la mayoría de ustedes nunca vieron, eso fue durante la revolución de la producción en masa y uno podía ver que probablemente la electrónica sería la que formaría la siguiente revolución tecnológica [...] si uno tuviera ésta teoría, pero el asunto es que era imposible imaginarse un computador en un chip, eso sí nadie lo podía haber adivinado[...] esas cosas ya para los 60' se estaba viendo, pero eso de poder poner en una cosa baratísima pequeñita, incluso la noción misma de un procesador, controlador, etcétera, para ese momento no existía, entonces sí podemos tener una idea de hacia dónde vamos y es importante saberlo porque así nos podemos preparar, pero también tenemos que saber que esa no es la revolución que nos va mover las economías de ahora sino la revolución actual, ésta la informática, que es la que transforma a todo lo demás (Pérez, 2008).

Cuadro 1 Revoluciones tecnológicas (1770-2000)				
Número	Nombre	País o países-núcleo	Detonador	Año
Primera	Revolución industrial.	Inglaterra.	Apertura de la hilandería de algodón de Arkwright en Cromford.	1771
Segunda	Era del vapor y los ferrocarriles.	Inglaterra (se difunde hacia Europa y EE. UU.).	Prueba del motor a vapor <i>Rocket</i> para el ferrocarril Liverpool-Manchester.	1829
Tercera	Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada.	EE. UU. y Alemania (Inglaterra pierde su hegemonía).	Inauguración de la acería Bessemer de Carnegie en Pittsburgh, Pennsylvania.	1875
Cuarta	Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa.	EE. UU. y Alemania (se disputan el liderazgo mundial y comienza la difusión a Europa).	Salida del primer modelo-T de la planta de Ford, en Detroit, Michigan.	1908
Quinta	Era de la informática y las telecomunicaciones.	EE. UU. (se difunde a Europa y Asia).	Anuncio del microprocesador Intel en Santa Clara, California.	1971

Fuente: Pérez, Carlota (2004: 35).

Cada revolución tecnológica ofrece un conjunto de tecnologías genéricas y principios organizativos interrelacionados entre sí que hacen posible e inducen un salto cuántico de la productividad potencial para la inmensa mayoría de las actividades económicas. Con esto, el sistema productivo en su conjunto se moderniza y regenera, de manera que el promedio general de eficiencia se eleva a nuevos niveles cada 50 años, aproximadamente. Para la difusión de estas herramientas genéricas es necesario lo que Carlota Pérez denomina «paradigma tecnoeconómico»⁵, porque define el modelo y el terreno de las prácticas innovadoras, prometiendo el éxito a quienes sigan los principios encarnados en las industrias-núcleo de la revolución. Consiste en la lógica que se adopta para aprovechar el hallazgo de un enorme potencial de generación de riqueza: herramientas, modos de hacer las cosas, patrones organizativos, posibilidades tecnológicas, etc. Con cada revolución tecnológica se da un cambio de paradigma, que implica una transformación del sentido común en lo que respecta a las prácticas más eficientes tanto en la producción como en las demás actividades sociales.

Cada revolución tecnológica, entonces, es una explosión de nuevos productos, industrias e infraestructuras, la cual conduce gradualmente al surgimiento de un nuevo paradigma tecnoeconómico capaz de guiar a los empresarios, gerentes, innovadores, inversionistas y consumidores, tanto en sus decisiones individuales como en su interacción, durante todo el periodo de propagación de ese conjunto de tecnologías (Pérez, 2004: 33).

Siguiendo con este argumento se puede afirmar que la revolución tecnológica es resultado de la interdependencia sinérgica de un grupo de industrias con una o más redes de infraestructura⁶.

En el cuadro 2 se ilustra e indica el tipo de lineamientos básicos de un paradigma tecnoeconómico.

⁵ En el sentido *kubniano* explicado en el apartado I.2. de la presente investigación.

⁶ El siguiente cuadro identifica las industrias e infraestructuras de cada una de las cinco revoluciones.

Cuadro 2	
Paradigma tecnoeconómico (1770-2000)	
Revolución tecnológica. País-núcleo	Principios de sentido común para la innovación
Primera Revolución industrial Inglaterra	Producción en fábricas. Mecanización. Productividad/medición y ahorro de tiempo. Fluidez de movimientos (como meta ideal para máquinas movidas por energía hidráulica y para el transporte por canales y otras vías acuáticas). Redes locales.
Segunda Era del vapor y los ferrocarriles Inglaterra (se difunde a Europa y EE. UU.)	Economías de aglomeración/ciudades industriales/mercados nacionales. Centros de poder con redes nacionales. La gran escala como progreso. Partes estandarizadas/máquinas para fabricar máquinas. Energía en donde se necesite (vapor). Movimiento interdependiente (de máquinas y medios de transporte).
Tercera Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada EE. UU. y Alemania (Inglaterra pierde su hegemonía)	Estructuras gigantescas (acero). Economías de escala en planta/integración vertical. Distribución de energía para la industria (electricidad). La ciencia como fuerza productiva. Redes e imperios mundiales (incluyendo cárteles). Estandarización universal. Contabilidad de costos para control y eficiencia. Grandes escalas para dominar el mercado mundial (lo pequeño es exitoso si es local).
Cuarta Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa. EE. UU.(se disputan el liderazgo mundial y comienza la difusión a Europa)	Producción en masa/mercados masivos. Economías de escala (volumen de producción y mercado)/integración horizontal. Estandarización de productos. Uso intensivo de la energía (con base en el petróleo). Materiales sintéticos. Especialización funcional/pirámides jerárquicas. Centralización/centros metropolitanos-suburbanización. Poderes nacionales, acuerdos y confrontaciones mundiales.
Quinta Era de la informática y las telecomunicaciones EE. UU (se difunde a Europa y Asia)	Uso intensivo de la información (con base en la microelectrónica TIC). Integración descentralizada/estructuras en red. El conocimiento como capital/valor añadido intangible. Heterogeneidad, diversidad, adaptabilidad. Segmentación de mercados/proliferación de nichos. Economías de cobertura y de especialización combinadas con escala. Globalización/interacción entre lo global y lo local. Cooperación hacia dentro y hacia fuera/ <i>clusters</i> . Contacto y acción instantánea/comunicación global instantánea.
Fuente: Pérez, Carlota (2004: 44).	

Cuadro 3 Las industrias e infraestructuras de cada revolución tecnológica		
Revolución tecnológica. Año	Nuevas tecnologías e industrias nuevas o redefinidas	Infraestructuras nuevas o redefinidas
Primera 1771	Mecanización de la industria del algodón. Hierro forjado. Maquinaria.	Canales y vías fluviales. Carreteras con peaje. Energía hidráulica (molinos de agua mejorados).
Segunda 1829	Máquinas de vapor y maquinaria de hierro, movida con carbón. Hierro y minería del carbón (ahora con un rol central en el crecimiento)*. Construcción de ferrocarriles. Producción de locomotoras y vagones. Energía de vapor para numerosas industrias (incluyendo la textil).	Ferrocarriles (uso del motor a vapor). Servicio postal estandarizado de plena cobertura. Telégrafo a lo largo de las líneas de ferrocarril (sobre todo nacional). Grandes puertos, depósitos y barcos para la navegación mundial. Gas urbano.
Tercera 1875	Acero barato (especialmente Bessemer). Pleno desarrollo del motor a vapor para barcos de acero. Ingeniería pesada química y civil. Industria de equipos eléctricos. Cobre y cables. Alimentos enlatados y embotellados. Papel y empaques.	Navegación mundial en veloces barcos de acero (uso del Canal de Suez). Redes transnacionales de ferrocarril (uso de acero barato para la fabricación de rieles y pernos de tamaño estándar). Grandes puentes y túneles. Telégrafo mundial. Teléfono (sobre todo nacional). Redes eléctricas (iluminación y uso industrial).
Cuarta 1908	Producción en masa de automóviles. Petróleo barato y sus derivados. Petroquímica (sintéticos). Motor de combustión interna para automóviles, transporte de carga, tractores, aviones, tanques de guerra y generación eléctrica. Electrodomésticos. Alimentos refrigerados y congelados.	Redes de caminos, autopistas, puertos y aeropuertos. Redes de oleoductos. Electricidad de plena cobertura (industrial y doméstica). Telecomunicación analógica mundial (teléfono y cablegramas) alámbrica e inalámbrica
Quinta 1971	La revolución de la información. Microelectrónica barata. Computadoras, <i>software</i> . Telecomunicaciones. Instrumentos de control. Desarrollo por computadora de biotecnología y nuevos materiales.	Comunicación digital mundial (cable, fibra óptica, radio y satélite). Internet/correo y otros servicios electrónicos. Redes eléctricas de fuentes múltiples y de uso flexible. Transporte físico de alta velocidad (por tierra, mar y aire).
*Estas industrias tradicionales adquieren un nuevo papel y dinamismo cuando sirven de materia prima y combustible para los ferrocarriles y la maquinaria del mundo.		
Fuente: Pérez, Carlota (2004: 39).		

De esta forma, cada revolución tecnológica trae consigo la reorganización de la estructura productiva y, eventualmente, una transformación de las instituciones gubernamentales, de la sociedad e incluso de la ideología y la cultura, por lo que se puede hablar de la construcción de modos de crecimiento sucesivos y distintos en la historia del capitalismo⁷. Entonces, cada cincuenta o sesenta años ocurre el proceso de destrucción creadora tanto en términos económicos como sociopolíticos.⁸

Estos cambios suelen ser forzados por una combinación de presiones provenientes, primero, de los requerimientos de una economía en rápida transformación y, más tarde, de las consecuencias del modo turbulento como se difunde la tecnología, llevando a tensiones sociales internas y a veces violentas. Al final, las presiones más efectivas para el cambio institucional y especialmente para la intervención del Estado en la economía vienen de la recesión que acompaña al colapso de la economía financiera el cual tiende a ocurrir un par de décadas después del *big-bang* inicial (Pérez, 2004: 52).

A la fecha no podemos saber en dónde va surgir la próxima revolución tecnológica, lo que sí sabemos es que la gran oleada de desarrollo que impulsa cada una de estas revoluciones se difunde de manera desigual al resto de los países. Como vimos, la difusión de cada revolución tecnológica conlleva un relevo en el liderazgo económico, sectorial y geográfico, un cambio en las formas exitosas de competir, una modificación sustancial del valor relativo de las ventajas comparativas y las capacidades, una transformación del sentido común de máxima eficacia y la consecuente desvalorización de muchas experiencias previas, motivo por el cual llega a ser un cambio al que se opone mucha resistencia.

⁷ Es interesante la relación que hace Pérez (2004: 51) del concepto de modos de crecimiento con el concepto de modos de producción propuesto por Marx y Engels, cuando se refieren a los grandes cambios históricos de largo plazo. El modo de crecimiento que esta autora plantea tiene sentido más restringido y se refiere a los cambios institucionales de carácter sistémico dentro del capitalismo.

⁸ Daniel Bell (1994) —entre otros autores— sostiene que los cambios actuales llevan a una sociedad distinta de carácter postindustrial, como se verá más adelante en el capítulo 2.

II. Industrialización en América Latina y el este de Asia

La ciencia daña tanto a los que no saben servirse de ella, cuanto es útil a los demás.

ANAXÁGORAS

En el presente capítulo se hace una breve revisión histórica del proceso de industrialización en América Latina y los países del sudeste asiático para comparar los resultados de las estrategias adoptadas en las dos regiones y poder comprender el principio de sustitución de importaciones y las razones de su agotamiento en Latinoamérica.

En este apartado se habla de América Latina en general, aunque sabemos que los puntos de partida de una nación a otra son diferentes, desde la relación de las condiciones políticas —como la etapa de transformación alcanzada—. No obstante, la intención es mostrar las características comunes heredadas de un enfoque de política que fue compartido por la mayor parte de los países de la región y que constituyen el obstáculo más poderoso para la asimilación de las tecnologías modernas.

II.1. Modelo de sustitución de importaciones

La industrialización en nuestras naciones fue principalmente producto de contingencias originadas fuera de la economía latinoamericana y de sus centros de decisión. Este nuevo fenómeno comienza a acelerarse a partir de la Primera Guerra Mundial y recibe un nuevo impulso con la crisis de 1930¹ y, posteriormente, con la Segunda Guerra Mundial. Después de

¹ Oscar Ugarteche realiza un estudio histórico de la crisis de la deuda en América Latina, en el cual plantea que la primera recesión data de 1824 y culmina a fines de 1840. Ugarteche menciona que durante este periodo las tasas de interés se incrementaron mientras los precios de las materias primas retrocedieron, lo que dio como resultado el estrangulamiento de la balanza de pagos en las naciones recién fundadas. Situación que se repite en la década de 1870 cuando los créditos se terminan y, por ende, los gobiernos cesan los pagos, mientras que de 1872 a 1876 hay una alza en las tasas de interés y una baja en los precios de las materias primas. Finalmente en el ocaso del siglo XIX culmina ésta crisis y se introduce por primera vez el concepto de privatización con el «Contrato Grace» (Marichal, Carlos. 1989. *A Century of Debt Crisis in Latin America: from Independence to the Great Depression, 1820-1930*.

este conflicto bélico la industrialización se transforma en una política deliberada, prácticamente, en todos los países de América Latina (Sunkel, 1967).

Así, en una primera fase, las exportaciones de bienes primarios se convirtieron en la principal fuente de acumulación de capital y financiamiento de la industrialización. No obstante, la crisis de los años treinta redujo hasta en un 50% la capacidad de importación de los países y significó la ruptura del modelo de exportación primaria. Según Ramos (1993) esta crisis generó una profunda desconfianza en la capacidad del mercado para corregir los desajustes económicos y condujo a considerar que el Estado debía fortalecerse y desempeñar un papel activo en la industrialización y en la solución de los problemas estructurales. Y es en este contexto que adquiere un papel importante, pero no como resultado de decisiones deliberadas por parte de una elite burocrática o política sino como respuesta a situaciones impuestas por circunstancias externas.

Cabe mencionar que los Estados latinoamericanos han heredado y continúan ejerciendo una tradición secular de *leseferismo* liberal, que presenta su intervencionismo como anormal y transitorio e incapacita al gobierno para plantear y resolver los problemas de acumulación e inversión eficiente del ahorro nacional, de la extensión del mercado interno y de la regulación de las transacciones externas. De esta forma, las estructuras gubernamentales carecen, cada vez más, de estabilidad, eficacia y prestigio, hasta para cumplir las funciones y servicios tradicionales. Como diría Kaplan (1965: 47) el proceso de cambio, la multiplicación de tareas nuevas, la insuficiente capacidad política y administrativa del Estado para cumplir responsabilidades ampliadas, paralizan o desvirtúan sus decisiones y sus actos y agravan su inestabilidad, su ineficiencia y su desprestigio.

En esta época surge el principio de sustitución de importaciones sobre el cual descansó la teoría del desarrollo hacia adentro. Los gobiernos de América Latina reaccionaron a los desequilibrios externos y, con el propósito de sustituir la demanda externa por la interna como factor estimulante del crecimiento, establecieron políticas de defensa del mercado interno que comprendían restricciones a las importaciones —aranceles, cuotas, licencias, prohibiciones— y la elevación del tipo de cambio. El Estado tuvo que intervenir creando empresas en sectores estratégicos y ofreciendo préstamos subsidiados al sector privado debido a la debilidad de los

Princeton N.J.: Princeton University Press), en Ugarteche (1997: 39). Esta misma tendencia se repite de 1929 a 1931 —cesación de créditos, alza en las tasas de interés y una baja en los precios de las materias primas—.

agentes económicos que no podían afrontar las tareas de progreso técnico y acumulación necesarios para avanzar en esa etapa de la industrialización (Sunkel, 1967).

Se esperaba que el modelo sustitutivo contribuyera a la absorción del excedente de mano de obra, al aumento del ingreso per cápita y posibilitará la producción de los bienes manufacturados que ya no era posible conseguir por la débil capacidad de importación asociada a la disminución de las exportaciones de bienes primarios (Furtado, 1966). Las divisas disponibles eran destinadas a la importación de los bienes de capital y de los insumos necesarios para la instalación de las nuevas empresas de sustitución. Emerge así un nuevo modelo de desarrollo en el que el sector externo deja de tener importancia en la formación del ingreso nacional y que incrementa la contribución de la producción interna.

Para Ugarteche (1997: 73) los rasgos singulares de la industrialización latinoamericana son: relativa abundancia de bienes exportables no manufacturados, fuerte protección y dependencia de la industria del sistema político y una orientación de la industria casi exclusiva al mercado interno. Ugarteche utiliza algunas definiciones de Gereffi (1990)², para explicar las etapas de la sustitución de importaciones:

1. Fase de exportación de productos primarios. Se refiere a productos no procesados derivados de la naturaleza.
2. Fase de ISI industrialización sustitutiva de importaciones primarias. En esta fase se pasa a la fabricación local de bienes de consumo básico, p. ej.: textiles, prendas de vestir, calzado y procesamiento de alimentos.
3. Fase de ISI secundaria. Se sustituyen manufacturas intensivas en capital y tecnología, p. ej.: bienes duraderos, productos intermedios y bienes de capital.
4. Fase de IOE industrialización orientada a las exportaciones primarias. La fase se refiere a la orientación de la industria exportadora intensiva en mano de obra, p. ej.: textiles, calzado, vestimenta.
5. Fase de IOE secundaria. Se refiere a la orientación exportadora de la industria con alto contenido tecnológico y de capital (Ugarteche, 1997: 74).

² Gereffi, Gary 1990. «Los nuevos desafíos de la industrialización: observaciones sobre el Sudeste Asiático y Latinoamérica». *Pensamiento Iberoamericano. Revista de Economía Política*, vol. 16. Madrid: Sociedad Estatal Quinto Centenario, en Ugarteche (1997: 74).

A partir del análisis que hace³ de las fases que se dan en América Latina, Ugarteche extrae algunos datos sumamente relevantes. A finales del siglo XIX, y durante la década de los treinta del siglo pasado, México, Brasil, Taiwán y Corea del Sur pasaron por fases de exportaciones primarias al mismo tiempo que todo el resto de América Latina. Sin embargo, Latinoamérica entra a la fase primaria de industrialización en esa época, mientras los países asiáticos ingresan después de la Segunda Guerra Mundial. En los años sesenta Taiwán, Corea del Sur y casi toda Latinoamérica pasan a la sustitución secundaria de importaciones, cuando desde mediados de la década de los cincuenta México y Brasil ya lo habían hecho.

Es en la década de los setenta cuando se produce el quiebre, en ese momento Taiwán y Corea pasan a la industria orientada a las exportaciones, mientras Brasil y México continúan con la sustitución secundaria, Argentina se estanca en ella, Chile regresa hacia las exportaciones primarias, Perú trunca su sustitución secundaria liderada por el Estado y Venezuela avanza sobre la ISI secundaria siguiendo los pasos de Brasil con un Estado que lidera el proceso. Colombia, en ese momento, inicia una diversificación de las exportaciones con la introducción de IOE primaria (calzado), además de flores y otros productos primarios de mercados nuevos (Ugarteche, 1997: 75).

El resultado: mientras México y Brasil trabajan por desarrollar un sector industrial orientado a las exportaciones, seguidos por Colombia⁴, los demás países renuncian a esa vía de industrialización y retroceden hacia las exportaciones primarias o nunca salieron de ellas — Bolivia, Paraguay y, en general, toda Centroamérica, con excepción de Costa Rica y Guatemala—. La conclusión es que la crisis latinoamericana de la década de los ochenta se debe a que las políticas industriales fracasaron en la región y también se puede observar que — aunque antes hubo similitudes— a partir de ese momento nuestros Estados no han cumplido con su rol de promotores del desarrollo económico, rol que sus contrapartes en Asia sí cumplen (Ugarteche, 1997: 75).

En México, desde 1960 y durante mucho tiempo, se adoptó el modelo de sustitución de importaciones, lo que provocó el aumento de la dependencia externa de la economía. Si

³ Ver gráfica 1.

⁴ Entre 1950 y 1980 en la región se vieron resultados de la industrialización basada en la sustitución de importaciones —como el incremento en la producción manufacturera—, muestra del esfuerzo de incorporación del progreso técnico y de formación de capital. Y el desarrollo industrial, medido como la tasa de crecimiento del producto manufacturero, se concentró en México, Brasil y Colombia.

bien es cierto que el país logró crecer con estabilidad de precios lo hizo a costa de una alta concentración del ingreso y de un creciente desequilibrio externo que fue financiado principalmente por medio de créditos externos a largo plazo.

II.2. Agotamiento del modelo de sustitución de importaciones

A mediados de la década de los sesenta, y a pesar del crecimiento alcanzado por las economías latinoamericanas, se observan síntomas de estancamiento que revelan el agotamiento del patrón de industrialización basado en la protección de los mercados y la sustitución de importaciones. La combinación de diversos factores condujo progresivamente al estancamiento económico de América Latina⁵.

Como lo precisa Tavares (1964), si bien este modelo redujo las importaciones, no permitió aminorar la dependencia externa, ya que para mantener y ampliar la producción de las industrias de bienes de consumo nacientes se comenzaron a importar los insumos y bienes de capital necesarios. Además, la política arancelaria generaba una protección negativa que le confería a las economías un sesgo antiexportador dado que las restricciones impuestas a las importaciones aumentaban el costo de los insumos importados.

La protección fue muy prolongada y desestimuló a las empresas a innovar y mejorar las capacidades tecnológicas requeridas para alcanzar los estándares exigidos por los mercados internacionales. Entonces se puso de manifiesto la incapacidad de las empresas para adaptar y crear las tecnologías necesarias para avanzar en las etapas siguientes de la industrialización por sustitución de importaciones (ISI). Para Furtado (1966) el proceso de industrialización en América Latina se afectó, en especial en la fase de sustitución de bienes de capital, debido al reducido tamaño del mercado, a los altos costos relativos de los bienes de capital, a la pérdida de productividad y a la incapacidad de absorber el excedente de mano de obra disponible. La aplicación de este modelo también se vio limitada debido al estancamiento de las exportaciones y al endeudamiento externo asociado al déficit fiscal y a la balanza de pagos.

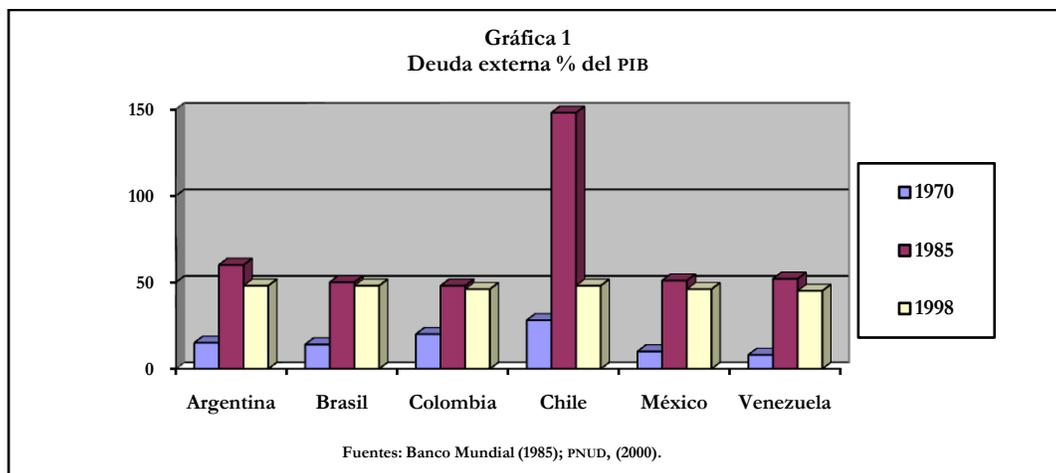
⁵ Más adelante revisaremos cómo, a medida que avanzó el modelo de sustitución de importaciones, se creó una demanda interna de bienes intermedios y de capital, de tal manera que la dependencia en lugar de disminuir aumentó en relación a otros productos.

La estrategia de sustitución de importaciones centrada en la exportación de bienes primarios y la importación de bienes con alto contenido tecnológico, afectó también el proceso de acumulación de capital debido a que el deterioro de los términos de intercambio para los bienes primarios obligó a los países de la región a transferir el excedente generado en lugar de reinvertirlo en la expansión y modernización de las estructuras económicas (Sunkel, 1995). El modelo empezó a agotarse cuando la producción industrial se desplazó hacia bienes con mayor contenido tecnológico y aparecen enormes diferencias entre los costos de los productos nacionales y los importados.

En sus estudios Furtado (1966) y Cardoso (1969) destacan que la concentración del ingreso en los países latinoamericanos, y el aumento de la población desempleada y subempleada, pusieron en evidencia la ineficiencia del modelo de sustitución de importaciones y determinaron el estancamiento económico al ser incapaz de absorber la fuerza de trabajo, de generar una estructura de mercado con costos competitivos y una distribución del ingreso más equitativa.

Por ende, los alcances fueron limitados en la consolidación de una clase empresarial exportadora y los países no pudieron atenuar su vulnerabilidad externa a pesar de que se creó un sector industrial dirigido, fundamentalmente, hacia el mercado interno y se modernizó la agricultura. La carencia de capacidad de I+D en las empresas y la obsoleta tecnología dificultaron la modernización tecnológica e impidieron mantener los ritmos de aprendizaje e innovación necesarios para competir en el mercado internacional. El modelo impidió adoptar una cultura de la innovación en las empresas debido a que las políticas de protección y concesión de monopolios en los mercados internos, retrasaron la apertura de las economías y limitaron las posibilidades de exponer a las empresas al estímulo de la competencia internacional.

Asimismo, la deuda externa creció rápidamente a partir de 1970 comprometiendo la capacidad de los Estados para asumir proyectos de inversión productiva. Dado el retraso de reformas tributarias, la disminución de las inversiones extranjeras, la reducción de los ingresos estatales por concepto de las actividades primario-exportadoras y la existencia de un mercado financiero internacional con alta liquidez, los gobiernos recurrieron al financiamiento externo para subsanar los déficits y prolongar el modelo. En la siguiente gráfica se puede apreciar cómo creció la deuda externa medida como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB).



Retomando el tema de la clase empresarial, resulta evidente que en América Latina la industrialización no es ni el producto de la actividad de una burguesía industrial ascendente ni la ha producido. Marcos Kaplan (1965: 127) es uno de los autores que mejor describe esta clase surgida de dicho proceso.

Se trata de un empresariado que aparece y se desarrolla tardíamente; en número limitado por la estratificación social rígida; frenado por, a la sombra de, o en ensamblamiento con fuerzas tradicionales y monopolistas del país y del extranjero, con escasas posibilidades de competitividad y capitalización. Este sector tiende a preferir las actividades mercantiles y especulativas, a las que requieren grandes inversiones tecnológicas, suele progresar como empresario político o de coyuntura, a impulso de alternativas institucionales y conmociones sociales y bajo protección de determinados grupos de poder. Prefiere la acumulación veloz y el consumo, a la inversión productiva, sin justificar sus beneficios por la capitalización racionalizada por la difusión de beneficios sociales y nacionales. Su horizonte no excede los ámbitos de lo mercantil, no representa ni trasmite lo que merezca preservarse del orden tradicional; ni opera como vehículo de innovación.

Por otra parte, fueron varios los elementos que se combinaron para conducir a los países de la región al estancamiento económico y a la pérdida progresiva de participación en el comercio internacional: agotamiento del modelo de sustitución de importaciones, escaso desarrollo de las capacidades de I+D, endeudamiento externo que excedió las posibilidades de pago de las naciones, dificultad de acceder a créditos internacionales, programas de ajuste recesivos que

obligaron a los países a exportar parte de su ahorro interno y disminuir la inversión productiva generadora de empleos, aplicación de políticas de liberalización comercial y financieras indiscriminadas y fuertes procesos inflacionarios (Cardoza, 1997 b).

En México, a mediados de los años setenta, fue evidente el agotamiento del modelo, ya que el desequilibrio de la balanza de pagos fue insostenible. El Fondo Monetario Internacional (FMI) acordó políticas de ajuste para atacar nuestro desequilibrio externo, pero al convertirnos en una potencia petrolera, con los ingresos generados por la exportación de crudo y el crédito externo, el Estado decidió, unilateralmente, no aplicar dichas políticas. De esta forma, se mantuvo el esquema proteccionista en vez de adoptar un proceso de liberación comercial, no se le dio importancia a la competitividad internacional de los demás sectores industriales y con el derrumbe de los precios del petróleo se hizo evidente la vulnerabilidad del país. En los primeros años de la década siguiente la caída registrada redujo el flujo de recursos del exterior y el país no pudo hacer frente a los vencimientos de los préstamos a corto plazo. Y, finalmente, en 1982, y a consecuencia del déficit de la balanza comercial, estalla la crisis de la deuda (Villareal, 1988).

La ineficacia del Estado mexicano, aunada a la falta de una industria tecnológicamente progresista, explica tanto el escaso volumen de la investigación científica como su desconexión de los problemas de la región. Como señala Víctor Urquidi (1970), en nuestro país —aunque la afirmación es válida para toda Latinoamérica— la gente dedicada a la ciencia, al reaccionar ante esta situación, prefirió llevar a cabo investigación básica o pura y no efectuar aquella que tuviera que ver con la industria o con el gobierno y en general con la vida económica del país.

En la actualidad, si bien América Latina continúa siendo predominantemente rural y agrícola, se evidencia un crecimiento significativo en las tasas de urbanización y de industrialización y que una proporción creciente de la fuerza de trabajo participa en la actividad industrial. Pero la industrialización no ha vuelto a esta región menos dependiente. El ingreso principal de divisas proviene, todavía, de la exportación de productos básicos que se hallan, en general, en situación de exceso de oferta mundial y cuyos mercados son, por lo tanto, débiles e inestables. El desenvolvimiento industrial ha permitido reducir las importaciones de bienes acabados de consumo y de determinados productos intermedios, pero América Latina continúa importando grandes cantidades de materias primas, artículos semielaborados y, sobre todo, bienes de capital.

II.3. Estrategias de industrialización y desarrollo en el este de Asia

En los años sesenta Latinoamérica mostraba condiciones de desarrollo comparativamente más competitivas que las naciones del este de Asia, exhibía mayores ingresos per cápita y tenía abundantes recursos naturales y fuentes de energía, por lo cual se creía que avanzaría más rápido que otras regiones en desarrollo. Sin embargo, en 1990, Corea del Sur, Hong Kong y Singapur registraron ingresos per cápita varias veces mayores que los de América Latina⁶.

Ugarteche (1997) —citando a Wade (1990)⁷— nos habla de cómo el proceso de industrialización y el desarrollo del comercio internacional, antes de ser vistos como planes de largo aliento estratégicamente diseñados, están vinculados a las políticas adoptadas como respuesta a impactos externos y problemas de balanza de pagos o como fruto del agotamiento de las oportunidades tradicionales de crecimiento. En el este asiático, países sin recursos naturales enfrentaron los retos del desarrollo a partir de guerras en las que fueron destruidos sus sistemas económicos y tuvieron que reconstruirlos; a diferencia de América Latina, en donde las naciones disponían de una gran cantidad recursos y no tuvieron que reconstruir sus economías. Antes bien, iniciaron procesos de sustitución de importaciones en la década de los treinta, veinte años antes que sus pares asiáticos.

La evidencia indica que para la muestra de países de América Latina (cuadro 2)⁸, el crecimiento medio del Producto Nacional Bruto (PNB) *per cápita* era de 3.2% veces en veinte años (1972 a 1992), con Brasil liderando este crecimiento con 4.8% veces el PNB *per cápita* en 1992 que en 1972; y Perú, Chile y Guatemala estando en la cola con 1.5 y 2.5 veces, respectivamente, entre esos dos períodos. Sin embargo, el crecimiento está dividido en dos etapas, antes de 1980 y después de 1980. En la segunda sección del cuadro 2 se puede apreciar la desaceleración del crecimiento de todas las economías, salvo la chilena que repuntó (4.8% de crecimiento promedio anual) en comparación con el período 1965-1980, y la colombiana que, aunque tuvo desaceleración, siguió a un ritmo aceptable de crecimiento de 3.7% en la década de los ochentas, «la década pérdida». En Asia el crecimiento del PNB *per cápita* para los países seleccionados fue de

⁶ Más adelante profundizaremos en las razones que permitieron que dichas naciones alcanzaran un grado de desarrollo mucho mayor al de los países latinoamericanos.

⁷ Wade, Robert. 1990. *Governing the Market, Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialization*. Princeton N.J.: Princeton University Press, en Ugarteche (1997: 62).

⁸ Cuadro 4 para efectos del orden numérico de la presente investigación.

10.3 veces en promedio, más del doble que el crecimiento en América Latina, con Corea del Sur a la cabeza con 20.5 veces y Filipinas a la cola con 3.8. El país con el menor crecimiento de PNB *per cápita* del Este asiático tuvo un crecimiento mayor que el promedio de los países seleccionados de América Latina y superior a la mitad de los ocho países latinoamericanos seleccionados. Lo resaltante de este crecimiento es que aunque fuera levemente mayor en Asia que en América Latina, entre 1965-1980, países como Brasil, México, Costa Rica y Colombia tenían tasas de crecimiento comparables a dicha región en ese período. Sin embargo, entre 1980-1992, aunque se observa una desaceleración del crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), con excepción de las Filipinas, todos los países tienen tasas de crecimiento sostenidamente altas en el Este asiático, alrededor de 6% de crecimiento anual; mientras que éste no fue el caso en América Latina, con la excepción de Chile (Ugarteche, 1997: 63).

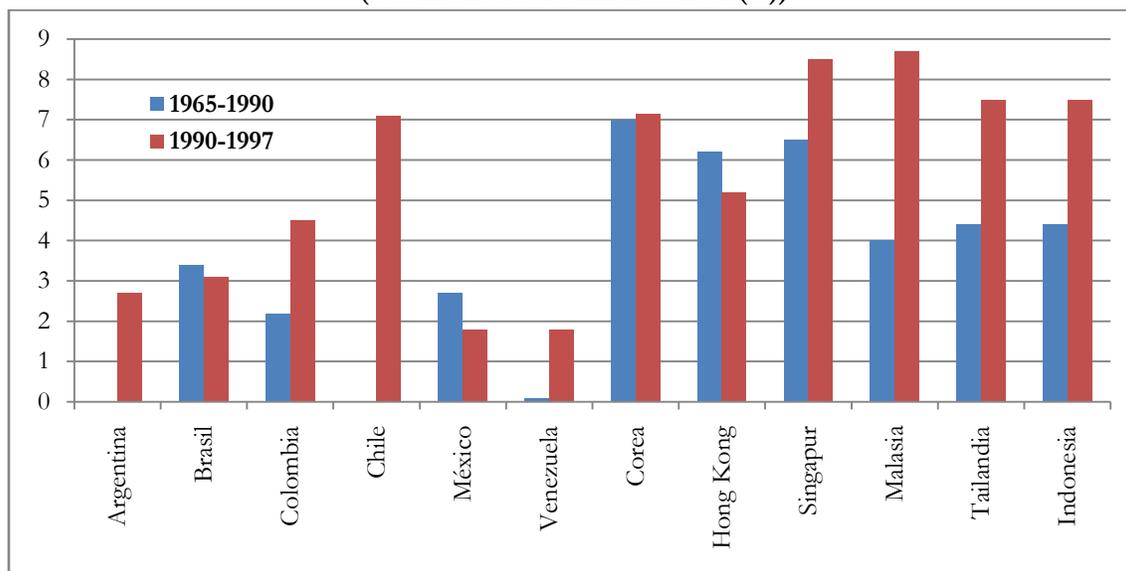
Cuadro 4		
PIB per cápita*		
América Latina	1972	1992
Argentina	1,430	6,050
Brasil	570	2,770
México	880	3,470
Chile	1,080	2,730
Colombia	390	1,330
Perú	620	950
Costa Rica	660	1,960
Guatemala	390	980
Asia	1972	1992
Corea del Sur	330	6,790
Hong Kong	1,230	15,360
Singapur	1,410	15,730
Indonesia	91	670
Malasia	450	2,790
Filipinas	200	770
Tailandia	290**	1,840
*Las cifras están expresadas en dólares estadounidenses. **La cifra corresponde a 1975.		
Fuentes: World Bank, <i>World Tables 1994</i>, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1994, en Ugarteche (1997: 63).		

No obstante, en el cuadro 5 se puede observar que entre 1960 y 2004 las naciones del este de Asia registran un mayor crecimiento en sus ingresos per cápita en comparación al modesto incremento que tuvieron los países de América Latina. Asimismo, la gráfica 2 muestra que la tasa de crecimiento anual del PIB per cápita también fue significativamente más alta para los países asiáticos durante los períodos 1965-1990 y 1990-1997.

Cuadro 5					
PIB per cápita*					
	1960	1980	1990	1997	2004
Argentina	2,701	3,914	3,099	4,021	3,988
Brasil	823	2,049	1,947	2,107	3,284
Chile	1,162	1,580	1,914	2,677	5,836
Colombia	639	1,094	1,224	1,321	2,176
México	938	1,936	1,814	1,910	6,518
Venezuela	2,815	3,022	2,537	2,685	4,214
Corea del Sur	520	1,953	4,132	6,251	14,136
Hong Kong	1,631	5,939	9,896	12,439	23,684
Singapur	1,510	5,581	9,877	15,467	25,161
Indonesia	190	354	517	785	1,184
Malasia	708	1,678	2,335	3,387	4,753
Tailandia	300	718	1,299	1,870	2,539
*Las cifras están expresadas en dólares estadounidenses.					
Fuente: PNUD, 1999. <i>Informe sobre el desarrollo humano</i>; PNUD, 1997. <i>Rapport Mondial Sur le Développement Humain</i>; PNUD, 2006. <i>Human Development Report</i>, en Ugarteche (1997).					

Después de la Segunda Guerra Mundial, Taiwán y Corea del Sur adoptaron la estrategia de industrialización basada en la sustitución de importaciones al igual que los países latinoamericanos. Sin embargo, a comienzos de los años sesenta los países asiáticos empezaron a observar las limitaciones de adoptar políticas sustitutivas en mercados relativamente pequeños, por lo que sentaron las bases para la creación de un modelo de crecimiento económico basado en las exportaciones y tomaron medidas como la unificación de las tasas de cambio y la eliminación de las restricciones a las importaciones, medidas que a la postre se convertirían en uno de los factores más importantes para explicar el éxito económico del este de Asia (Kuznets, 1998).

Gráfica 2
PIB per cápita
(tasa media de crecimiento anual (%))



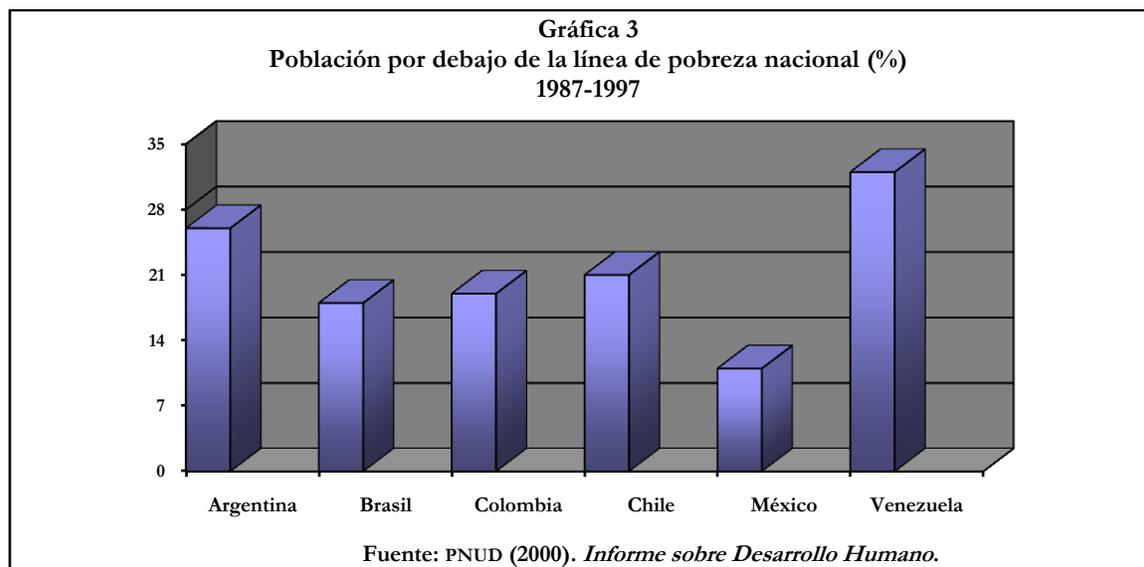
Fuente: World Bank (1998). *World Development Indicators*.

La estrategia de industrialización basada en las exportaciones de los países asiáticos⁹ demandó una especialización industrial y representó una fuente de estímulos que forzó a adoptar sistemas eficientes de asignación de los recursos, hacer mejor uso de sus capacidades de producción, beneficiarse de las economías de escala, elevar sus estándares de calidad y diseño, identificar e introducir nuevas tecnologías y mejores prácticas, mantener una alta tasa de innovación por medio de la adquisición de nuevos conocimientos y la formación continua de sus trabajadores. Para alcanzar los niveles de eficiencia y productividad internacionales, los gobiernos tenían que incrementar sus inversiones en ciencia y tecnología, aumentar la calidad y cobertura de sus sistemas educativos y mejorar la infraestructura de los servicios. Las acciones concertadas entre actores públicos y privados permitieron dar respuesta a las necesidades de educación, salud y vivienda de sus poblaciones y el rápido crecimiento económico fue acompañado por una mejor distribución del ingreso.

⁹ En el periodo 1965-1980 las exportaciones en América Latina tuvieron tasas de crecimiento comparadas a las del este asiático; es decir, en el rango del 5% al 10% promedio anual. Sin embargo, entre 1980 y 1992 sólo un país latinoamericano mantuvo una tasa de crecimiento exportador comparable a los países asiáticos: Colombia (12.9%) y sólo un país asiático tuvo una tasa comparable a América Latina: Filipinas (3.7%). No obstante, hay una desaceleración en Hong Kong e Indonesia a tasas similares a las de Brasil y Chile, los países de la región con los porcentajes más elevados después de Colombia (Ugarteche, 1997: 64).

La planificación económica en los países del este de Asia se basó en la concertación entre el Estado y el sector privado. Los planes sectoriales se discutían entre funcionarios del gobierno, empresarios y expertos en diversas disciplinas. Las grandes empresas eran consultadas sobre las políticas oficiales, estableciéndose así un sistema de apoyos y compromisos recíprocos. Las metas anuales de exportación concertadas entre el Estado y las empresas privadas, particularmente de las industrias nacientes, se establecían sobre la base de que alcanzarlas era requisito para recibir los incentivos fiscales o de protección brindados por el Estado (Giacomán, 1988: 275).

Por el contrario, la excesiva protección y la carencia de sistemas adecuados de incentivos a la exportación limitaron las posibilidades de exponer a las empresas latinoamericanas a los efectos de la competitividad internacional; mientras que las industrias nacientes de Corea del Sur y Taiwán se beneficiaron de diversos sistemas de protección y subsidios que se mantuvieron hasta que las empresas maduraron, dominaron sus tecnologías y se consolidaron en sus respectivos mercados.



En los años ochenta los países de América Latina experimentaban un notable deterioro económico y social que se refleja en menores tasas de crecimiento y una mayor proporción de su población por debajo de la línea de pobreza, lo cual se puede observar en la gráfica 3. Se repite el patrón de la crisis de la deuda: alza en las tasas y bajos precios en las materias primas,

que junto a la cesación de créditos llevan, necesariamente, a lo que se denomina crisis de la deuda (Ugarteche 1997: 40).

En la década de los años ochenta y en los inicios de los noventa se ha visto una desaceleración en el crecimiento de las economías de capitalismo avanzado (cuadro 6). Resultante de las dificultades de productividad y de los cambios tecnoeconómicos en que están inmersas hace más de dos décadas, las economías de capitalismo avanzado entraron en un período recesivo que alimentó la reducción de la demanda de las materias primas y las forzó, a su vez, a exportar más. El efecto de esto ha sido una desaceleración en la demanda de bienes latinoamericanos por países de la OCDE de 12.7% de crecimiento en el período de 1986-1989, bajó a 3.8%, y una aceleración en las exportaciones de la OCDE a América Latina que pasó de 12.2% a 14.9% en el mismo período. Esto último es posible únicamente bajo los parámetros de una política de liberalización económica generalizada en América Latina en el período a partir de 1990. Al mismo tiempo, el liderazgo del crecimiento norteamericano en la economía mundial se perdió. Las áreas con crecimiento empiezan a ser China y los países del sudeste y este asiático, que lograron mantener los niveles de crecimiento exportador en medio de una recesión del sistema (Ugarteche, 1997: 49).

Cuadro 6									
Crecimiento de la economía mundial por regiones o países (1960-1993)									
(tasa anual de crecimiento del PIB)									
País o región	1960-68 (1)	1968-73	1973-79	1979-1985 (2)	1985-90	1990 (3)	1991	1992	1993
Estados Unidos	4.5	3.2	2.4	2.4	3.1	1.2	-0.6	2.3	3.1
Japón	10.2	8.6	3.6	4.0	4.6	4.8	4.3	1.1	0.1
América Latina (4)	6.8*	5.3*	1.8*	2.0	0.3		3.5	3.0	3.2
Asia del sur y del este (5)	2.9*	4.3*	5.4*	5.9	6.4		5.3	4.9	
China (5)	2.9*	4.7*	8.7*	9.9	5.2				

Fuente: Ugarteche (1997: 50).

*National Accounts Statistics United Nations, New York, 1986 y 1989. Los datos corresponden a 1970-1975, 1975-1980, 1980-1986.

(1) OECD, *Economic Outlook*, «Historical Statistics 1960-1990», París, 1992, tabla 3.1.

(2) OECD, *Economic Outlook*, «Historical Statistics 1960-1990», París, 1992, tabla 3.1.

(3) OECD, *Economic Outlook*, n°56, París, diciembre 1994, anexo tabla 1, p. A4.

(4) Cepal, *Preliminary Overview of the Latin American and Caribbean Economy 1994*, Santiago, diciembre 1994, tabla A1, p. 37.

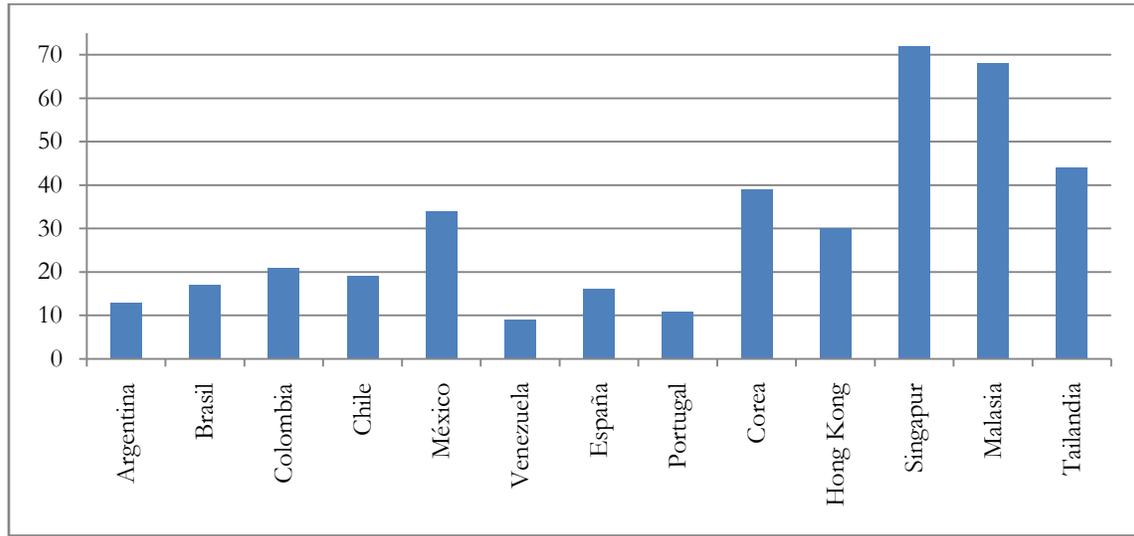
(5) ECLAC, *Economic Survey of Latin American and the Caribbean*, 1992, vol. I, Segunda Parte, Santiago 1994, tabla 1, p. 242. El promedio corresponde a 1981-1988.

Cabe señalar que durante las décadas de los ochenta y noventa los países del este de Asia registraron un rápido crecimiento del sector industrial en comparación de los países latinoamericanos. Aunque en ambos grupos de países el sector industrial contribuyó de manera similar al PIB, la participación de las manufacturas en sus exportaciones totales es distinta. Este sector representa la mayor parte de las exportaciones de México, Brasil, Corea del Sur, Hong Kong, Malasia y Singapur. Y en nuestro país las exportaciones de manufactura tuvieron un gran crecimiento entre 1950 y 1997, llegando a representar hasta el 82% de las exportaciones totales. Actualmente la industria maquiladora contribuye con el 47% del total de las exportaciones de bienes.

Mientras que la mayor parte de las manufacturas que exportan los países del este de Asia consiste en bienes de tecnología intensiva —productos electrónicos, equipos de transporte, máquinas—. La creciente participación de las manufacturas de alta tecnología en las exportaciones totales revela la alta capacidad de absorción y difusión de tecnología de las empresas exportadoras asiáticas. Como podemos observar en la gráfica 4, en América Latina la situación es opuesta, Argentina, Brasil¹⁰ y México, que son considerados países de industrialización exportadora, tienen en total porcentajes manufactureros no mayores a 27% (Argentina) y 58% (Brasil) del total exportado. Se puede apreciar que el peso de las exportaciones de estos productos ha crecido en casi todas las naciones. Este aumento tiene que ver, en parte, con la pérdida de ingresos de exportaciones primarias. Sólo en México y Brasil se observa un incremento en las exportaciones pesadas (Ugarteche, 1997).

¹⁰ En su trabajo «Desindustrialization and Industrial Restructuring in Latin America: The examples of Argentina, Brasil and Chile», en Patricio Meller ed. 1991. *The Latin American Development Debate. Neoliberalism, Neomonetarism and Adjustment Processes*. Boulder: Westview Press, Ominami, Carlos señala que el éxito de la industrialización exportadora brasileña se debe a que el gobierno perseveró en su voluntad de industrializarse en los años setenta, fortaleciendo la política de sustitución de importaciones de los sectores de bienes intermedios y de bienes de producción y proveyendo incentivos directos a las industrias para su modernización por medio de la promoción de exportaciones. Los instrumentos que utilizó fueron las empresas públicas y el Banco Nacional de Desarrollo Económico, que movilizó los recursos de largo plazo requeridos por un programa de inversiones ambicioso del Estado y del sector privado. Eso explica la participación de las exportaciones tanto de bienes de capital —industria aeronáutica, por ejemplo— como de manufacturas ligeras, entre las cuales están las exportaciones electrónicas (Ugarteche, 1997: 68-69).

Gráfica 4
Exportaciones de productos de alta tecnología (%)
(1997)



Fuente: World Bank (2000).

En México es hasta el lustro 1983-1988 que se cambia la estrategia de crecimiento; las exportaciones petroleras dejan de ser el principal rubro generador de divisas del país y las manufactureras empiezan a ganar importancia debido a la apertura comercial que se implementa a mediados de los ochenta. En este periodo México modificó su estrategia económica internacional y desmanteló su régimen proteccionista —las cuotas, los elevados costos de aduana, los precios oficiales y los permisos de importación—¹¹. Estos cambios intentaban convertir las exportaciones y la inversión privada en los principales factores de expansión de la demanda.

De 1989 a 1994 se emprendieron acciones que dejaron ver el avance en el modelo de promoción de las exportaciones, tales como eliminación de subsidios, transferencia de tecnología, privatización de empresas públicas, promoción de competencia y flexibilización de la reglamentación de inversión extranjera directa¹². No obstante, y a pesar de que mejoró la

¹¹ En 1985 se suscribe el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) y un año después se puso en marcha un programa tendiente a reducir los derechos que aún subsistían y a suprimir la fijación de precios oficiales sobre los artículos comerciales.

¹² En 1987 se inició el proceso de privatización del sector público mexicano. De las 1,155 empresas públicas que existían en 1982, una década más tarde sólo subsistían 217. La privatización dio confianza a los inversionistas privados y a partir de 1990 aumentó el ritmo de crecimiento de la formación bruta de capital fijo. En 1989 se adoptó el Reglamento de la Ley para Promover la Inversión Mexicana y Regular la Inversión Extranjera con el propósito de simplificar los procedimientos y enunciar reglas de derecho transparentes, destinadas a atraer la inversión extranjera directa. En 1991 entró en vigor la Ley de Protección de la Propiedad Industrial. Y,

productividad de las empresas, el dinamismo de la inversión privada y el crecimiento de las exportaciones manufactureras, el proceso de crecimiento en México se interrumpió con la crisis de 1995. Así, los recursos destinados a la inversión productiva, generadora de empleo, disminuyeron debido a los compromisos financieros ocasionados por el endeudamiento.

En la industria manufacturera se registra un aumento del empleo pero no en los salarios reales, lo que sugiere que este crecimiento se registró en actividades industriales de bajo valor agregado que no exigían mayores calificaciones de la fuerza de trabajo. Y desde entonces la generación de empleos de baja calidad y remuneración no ha permitido que el crecimiento económico se traduzca en una mejor distribución del ingreso.

Casar (1993) sostiene que los países del este asiático que han logrado combinar crecimiento con equidad presentan dos características centrales: un rápido incremento de la industria manufacturera y de servicios que permitió evitar que las migraciones rurales aumentaran el sector informal urbano —como ha sucedido en América Latina—; y la persistencia de una alta proporción de población rural y de un amplio sector informal urbano que da cuenta estadísticamente de la mayor parte de la diferencia entre las distribuciones del ingreso típicas de América Latina y del este de Asia. Esta situación se confirma en el caso de México, ya que a pesar de que su tasa de desempleo es inferior a la de muchos países latinoamericanos persisten altas tasas de subempleo en el sector informal.

En nuestro país, a diferencia de lo ocurrido en las naciones asiáticas, no se ha logrado diseñar estrategias para aumentar el grado de integración nacional de la industria maquiladora que precise compromisos específicos de incorporación de componentes nacionales. Predomina la industria maquiladora de exportación que, y a pesar del crecimiento que ha registrado en sus exportaciones, presenta algunos efectos desfavorables para la economía debido a la escasa articulación con la industria interna, ya que las piezas y partes utilizadas en las empresas son abastecidas totalmente desde el exterior y su producción es exportada, intensiva en mano de obra poco calificada, tiene un reducido impacto de la difusión tecnológica, un lento aprendizaje debido a la escasa relación entre productores y usuarios, basa su competitividad en bajos salarios y las empresas son vulnerables a las decisiones de las empresas extranjeras.

Como ya se mencionó, existe una fuerte dependencia de la economía mexicana de las importaciones; las empresas del país se modernizan mediante la compra de tecnologías

finalmente, en 1992 se reformó la Ley Federal de Competencia Económica destinada a favorecer la competencia y la liberación de los mercados.

desarrolladas en el extranjero y hay un escaso desarrollo y uso de las capacidades de I+D. Para modificar esa situación tenemos de ejemplo la experiencia de los países asiáticos en los cuales funcionó la articulación de los sectores exportadores más dinámicos con el aparato industrial interno, lo que constituyó el eje de una estrategia de crecimiento que contribuyó a impulsar la generación de empleos y permitió difundir tecnologías y mejores prácticas empresariales. En este modelo, parte de los ingresos de las exportaciones de las empresas debían destinarse para la modernización industrial y formación de recursos humanos; además de que logró instrumentar mecanismos para que la demanda de tecnología de las empresas se satisficiera con las capacidades internas de I+D.

Lamentablemente la economía en México se encuentra inmersa en un círculo vicioso, la dependencia que tiene de las importaciones ocasiona altos egresos de divisas lo cual conduce a crecientes déficits de balanza comercial, ya que éstos se cubren principalmente con préstamos del exterior y, por ende, la economía mexicana no dispone de la capacidad financiera para invertir en aquellos sectores estratégicos que le permitan aumentar su participación en las corrientes más dinámicas del comercio internacional de bienes de mayor valor agregado y, por esa vía, generar los ingresos necesarios para modernizar la infraestructura industrial, aumentar la productividad y mejorar su competitividad a nivel internacional. Los bajos niveles de inversión en otros sectores estratégicos reduce la capacidad de generación de empleos de calidad, lo cual no permite aumentar el ingreso de los trabajadores y, en consecuencia, su capacidad de ahorro y demanda; todos estos son los factores que impiden tener inversión que genere empleo y éste a su vez se traduzca en ahorro que impulse el consumo y dé como resultado el crecimiento de la nación. Finalmente, hay que señalar que la estrategia orientada por las exportaciones no está soportada en el aprovechamiento de las capacidades internas de educación y de investigación y desarrollo.

II.4. Elementos que favorecieron el crecimiento en el este de Asia

Varias investigaciones sobre el milagro asiático identifican a la inversión como el factor principal que explica el crecimiento de las economías del este de Asia. Durante las décadas de los sesenta y los noventa la tasa media de crecimiento anual de la inversión bruta creció más rápido en esta parte del mundo que en América Latina.

Otro conjunto de variables que debe resaltarse para comprender el éxito asiático son: la razón inversión/PIB es 50% mayor en los países de Asia que en los de América Latina; así como la razón ahorro/PIB. Como se puede observar en el cuadro 8¹³ desde 1965 los países asiáticos han tenido, casi sin excepción, tasas de inversión superiores a 20% del PIB entre 1965 y 1973, y por encima de 24% entre 1980 y 1985, repuntando en 1992 a sobre 30% del PIB para la mayor parte de los mismos. La mitad de los ocho países observados de América Latina están entre 13% y 20% para el período de 1965 y 1973 y más de la mitad está entre 14% y 20% en la década de los ochenta, con un ligero repunte al rango de 17% a 20% para la mayor parte de los países. A grandes rasgos entonces, la razón inversión/PIB es 50% mayor para los países de Asia que para la mayor parte de los de América Latina durante los últimos treinta años, lo que serviría para explicar las altas tasas de crecimiento económico de dicha región (Ugarteche, 1997: 64-65).

Cuadro 7				
Inversión Bruta Interna/PIB (porcentaje)				
América Latina	1965-1973	1973-1980	1980-1985	1991-1992
Argentina	19.8	21.8	16.3	17.0
Brasil	26.1	26.2	20.4	17.0
Chile	14.4	17.4	17.5	24.0
Colombia	18.9	18.8	20.0	18.0
México	21.4	25.2	25.4	24.0
Perú	27.7	28.9	28.0	16.0
Costa Rica	21.8	25.5	28.0	28.0
Guatemala	13.3	18.7	13.5	18.0
Asia	1965-1973	1973-1980	1980-1985	1991-1992
Indonesia	15.8	24.5	29.4	35.0
Malasia	22.3	28.7	35.1	34.0
Filipinas	20.6	29.1	25.8	23.0
Tailandia	23.8	26.6	24.4	40.0
Corea	25.1	31.8	30.7	N.d
Hong Kong*	36.0*	24.0	21.0	29.0
Singapur*	22.0*	40.0	43.0	41.0
Taiwán*	26.0*	31.0	18.0	N.d
China**	25.0	N.d	38.0	N.d

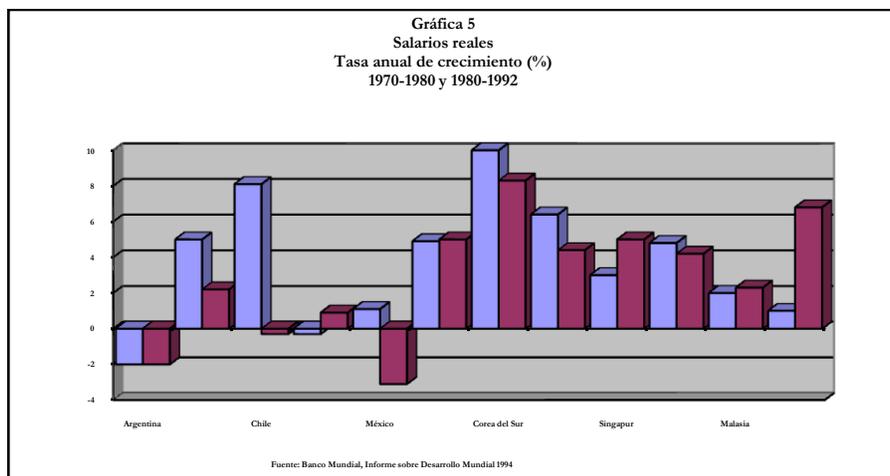
Fuente: Ugarteche (1997: 64).
1/ *World Development Report 1994*, tabla 9 del World Statistical Indicators.
*Los datos de Hong Kong, Singapur y Taiwán corresponden a 1965, 1975, 1985; (BM, 1987: 210). Los datos de 1975 son del BM, tomados de Wade (1990: 48).
**Los datos de China corresponden a 1965 y 1985, *World Development Report* (1987: 210).

¹³ Cuadro 7 en la presente investigación.

Krugman (1997) sostiene que el extraordinario desempeño económico de Asia puede ser explicado principalmente por la rápida acumulación de capital físico y la alta calificación de su fuerza de trabajo. Los altos ingresos provenientes de las exportaciones de manufactura de alto valor agregado dieron como resultado el incremento sostenido de la inversión en los países asiáticos. En contraparte, el estancamiento que experimentaron las economías de América Latina durante la década de los ochenta ocasionó un fuerte descenso en sus niveles de inversión productiva —a excepción de Chile—.

Otro de los aspectos del modelo de desarrollo seguido por los países del este de Asia que se debe considerar es el incremento de la demanda laboral. Bajo esta estrategia se crearon puestos de trabajo en las empresas de manufacturas volcadas hacia los mercados externos debido al aumento de las exportaciones. Mientras estos países registraban un rápido crecimiento en el empleo manufacturero entre 1986 y 1995 varias economías latinoamericanas mostraban preocupantes pérdidas de empleo.

Las economías asiáticas lograron crear empleos de mayor calidad y mejor remunerados¹⁴ debido a las inversiones en industrias intensivas en tecnologías y la calificación continua de los trabajadores. En la gráfica 5 se puede observar que de 1970 a 1990 los ingresos de los trabajadores asiáticos aumentaron de manera significativa, mientras los países latinoamericanos experimentaron dramáticas caídas de los salarios durante la década de los ochenta.

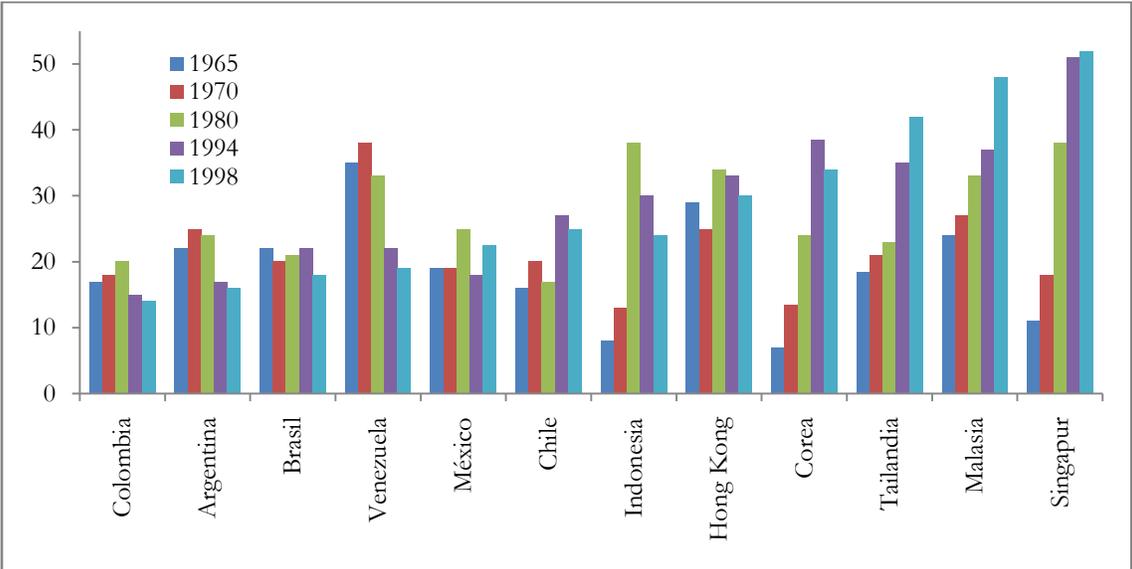


¹⁴ Para Ugarteche (1977: 66) se debe considerar el rendimiento agrícola y la participación de la mano de obra femenina en el este asiático. La moderación de las demandas salariales en Taiwán y Corea del Sur se logró por una oferta elástica de mano de obra, resultado del aumento de la productividad en el campo y de la incorporación de la mano de obra femenina a la fuerza de trabajo.

En México se combinaron el peso de la herencia del modelo de industrialización sustitutiva y el crecimiento de la deuda externa para determinar una de las crisis más profundas en la historia de los países de la región. La deuda externa absorbió gran parte de los recursos disponibles y las ineficiencias del sector productivo durante varias décadas de proteccionismo condicionaron la salida de la crisis de los ochenta, crisis que ocasionó que el nivel de ahorro y los estándares de vida de la población cayeran considerablemente.

Entre 1980 y 1990 los países latinoamericanos registran un descenso en los salarios y las prestaciones que contrasta con el crecimiento registrado en estos mismos rubros en la industria manufacturera de algunos países del este de Asia. El crecimiento de los salarios y las prestaciones tiene una estrecha relación con el crecimiento de la productividad medida como el valor agregado por trabajador. En Asia los mayores ingresos determinaron, a su vez, un importante aumento en los niveles de ahorro interno y del consumo privado per cápita, factores que contribuyeron a estimular el crecimiento industrial de esos países. En la gráfica 6 se muestra el ahorro interno bruto respecto al PIB durante el periodo comprendido de 1965 a 1998.

Gráfica 6
Ahorro interno bruto
(% del PIB)



Fuente: World Bank (1992-1994), *World Development Indicators*.

El acceso al crédito en el este asiático ejerció una influencia positiva y significativa en la inversión productiva generadora de empleo y se promovieron industrias orientadas hacia actividades prioritarias, lo que no ocurrió en América Latina. Por su parte, México registró uno de los niveles más bajos de acceso al crédito y, por consiguiente, las empresas más dinámicas, principalmente las exportadoras, tuvieron que solicitar financiamiento a los bancos comerciales del exterior.

Los países asiáticos fueron capaces de crear entornos favorables al desarrollo de la iniciativa privada caracterizados por la estabilidad política y de las variables macroeconómicas y la capacidad de ajuste a los choques externos, situación que contrasta con la inestabilidad política y económica que experimentaron los países latinoamericanos, en donde la incertidumbre, el peso de la deuda externa y los procesos inflacionarios, causaron una reducción drástica de la inversión durante los años ochenta y, en consecuencia, una disminución de la actividad industrial y la generación de empleo.

Otro contraste entre América Latina y Asia es la relación ahorro/PIB. Mientras en la primera está por debajo del 18% en la mayoría de los países, en la segunda la relación ahorro/PIB está por encima de este porcentaje en todas las naciones. Es así que los requerimientos de ahorro externo son menores para poder invertir en diversos rubros y, por lo tanto, las variaciones en los tipos de interés internacionales afectan menos la economía doméstica en Asia. Además, los niveles de inversión asiáticos son mayores que los latinoamericanos. Con esto se explican las bajas tasas de endeudamiento externo y de servicio de la deuda en aquella región. Autores como Carol, Weil y Summers (1993)¹⁵ explican cómo las altas tasa de ahorro interno-PIB en Asia son resultado de las altas tasas de crecimiento, ya que los hogares mejoran sus niveles de ingreso antes de aumentar sus niveles de consumo. Los estudios del Banco Mundial (BM)¹⁶ arrojan que el ahorro no necesariamente incrementa el crecimiento económico; sin embargo, el crecimiento económico sí ha estimulado el ahorro en el este de Asia¹⁷.

¹⁵ Carroll, Christopher; Weil, David; y Summers, Lawrence. 1993. *Savings and Growth: A Reinterpretation*. Bradley Policy Research Center, *paper* presentado a la Carnegie-Rochester Public Policy Conference, April 23-24, en Ugarteche (1997: 65-66).

¹⁶ World Bank (1993).

¹⁷ Para que este fenómeno se presente son necesarias algunas variables. Primero, la baja tasa de inflación existente en dichos países por un manejo macroeconómico equilibrado, creando un ambiente propicio para el ahorro (Neal, Craig R. 1990. *Macroeconomic Indicators for 117 Developing and Industrial Countries*. Pre Working Paper Series, 58. Washington D.C.: The World Bank, Office of the Vice President, Development Economics y BM, 1993: 205).

Las estrategias de desarrollo de los países asiáticos enseñan que el éxito de las reformas económicas y políticas orientadas al fortalecimiento de la capacidad exportadora y al crecimiento de la productividad y la competitividad internacional depende fundamentalmente de las inversiones en formación de recursos humanos y la creación de capacidades de aprendizaje e innovación.

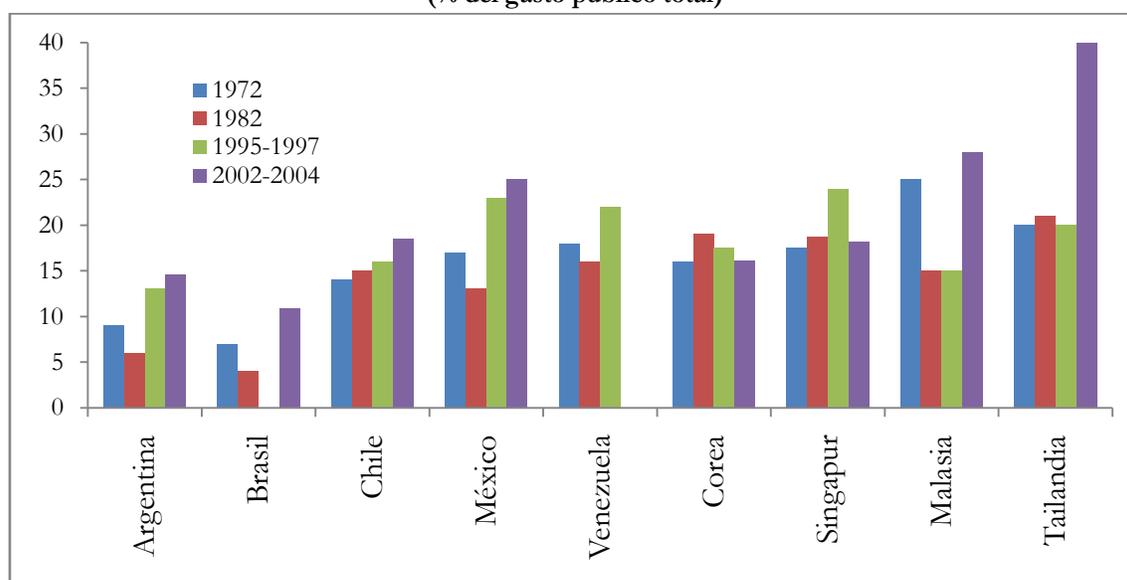
El papel que la investigación científica y tecnológica y la educación desempeñaron en la creación de una base industrial moderna y competitiva es otro signo distintivo del modelo de desarrollo del este de Asia. La educación de alta calidad en todos los niveles y la creación de capacidades públicas y privadas de I+D constituyen los pilares de la estrategia adoptada por estos países para transformar su base industrial intensiva de mano de obra en conocimientos y tecnología. Varias investigaciones han mostrado que la inversión en educación — especialmente a nivel básico— impactó positivamente en el crecimiento y contribuyó a reducir la desigualdad de las naciones asiáticas. La disponibilidad de una fuerza de trabajo calificada permitió a estas economías incrementar la productividad y la rentabilidad de las inversiones.

Por otra parte, un eficiente sistema educativo satisfizo la demanda de recursos humanos calificados que requerían las empresas para acelerar los ritmos de aprendizaje e innovación que demandaban los competitivos mercados internacionales de manufacturas de alto valor agregado. Las empresas crearon sus propias capacidades internas de formación para ofrecer programas de capacitación continua que necesitaban para acelerar la absorción de nuevas tecnologías y la elevación de la productividad de sus trabajadores. Los actores públicos y privados unieron sus esfuerzos para afrontar la tarea de expandir el capital humano necesario para la construcción de economías intensivas en conocimiento (Cardoza, 1999).

Segundo, tasas de interés estables y ligeramente positivas en los países de Asia versus los de América Latina, en donde han sido altamente volátiles o muy negativas o muy positivas. Esto ha sido posible por el manejo de la inflación a tasas bajas. La estabilidad de los precios en Taiwán y Corea del Sur fomentó el ahorro financiero facilitando la intermediación financiera del proceso ahorro-inversión (Lin, Ching-Yuan. 1988. «East Asia and Latin America as Contrasting Models». *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 36, No. 3, suplemento. Chicago: The University of Chicago Press. April, p. 164). La falta de un encuadre de baja inflación en Argentina y Chile, por ejemplo, forzó a los ahorristas a dejar de hacerlo y, por ello, la economía en su conjunto utilizó más ahorro externo. Tercero, en la medida que existe ahorro público, los niveles de consumo se mantienen restringidos y el nivel general de ahorro aumenta. El BM señala que «el método de incrementar el ahorro público importa: en promedio, aumentar el ahorro público a través de gastos reducidos es más efectivo que aumentar la tributación» (BM, 1993: 207). Otros elementos en juego serían las políticas cambiarias que mantendrían el tipo de cambio subvaluado como una manera de incentivar las exportaciones manufactureras y contener el ímpetu importador, reducción de la protección efectiva y un sistema de incentivos explícitos a las exportaciones manufactureras (Lin, 1998), en Ugarteche (1997: 65-66).

Los niveles educativos es una de las diferencias entre las dos regiones, en los países asiáticos se registra una tasa de crecimiento del gasto público en educación desde los años setenta, mientras que en América Latina se da un importante aumento desde la década de los noventa¹⁸. Las altas tasas de repetición y deserción escolar están relacionadas con una distribución del ingreso menos equitativa. En el caso de México, aunque esta tasa ha disminuido, no se ha logrado alcanzar los niveles de eficiencia terminal de los países asiáticos ya que persiste la interrupción de los estudios asociada a las condiciones de pobreza familiar.

Gráfica 7
Gasto público en educación
(% del gasto público total)



Fuente: UNESCO, *Anuario estadístico* (varios años); PNUD (2006). *Human Development Report*.

A pesar de que en los años setenta se inició un rápido incremento de la matrícula en la educación superior en América Latina y Asia del este, en los países latinoamericanos se manifestaron los límites de la rápida expansión de la educación superior. Rodríguez (2000) explica que algunos de los factores fueron la imposibilidad de insertar en el mercado de trabajo a los egresados de las universidades y las dificultades para desarrollar un buen balance entre las funciones de enseñanza e investigación. A inicio de los noventa se aprecia la escasa participación de los profesores universitarios en actividades de investigación, mientras que en los países asiáticos la integración del personal docente en tareas de investigación fue mayor. En

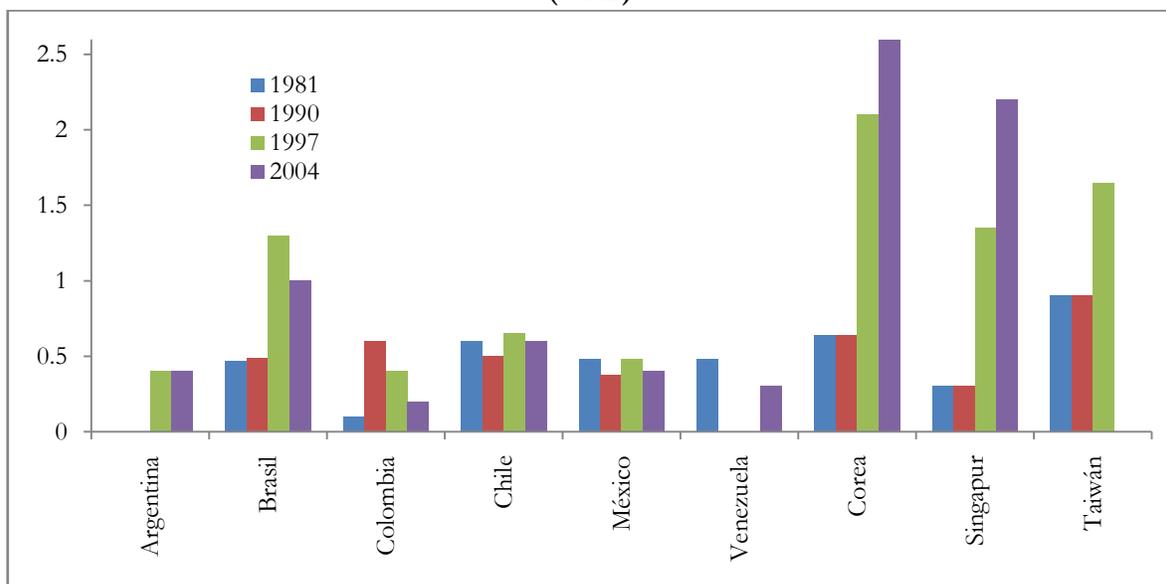
¹⁸ Ver gráfica 7.

los países latinoamericanos, a la desarticulación entre la enseñanza y el proceso de generación de nuevo conocimiento no ha permitido que la expansión del sistema universitario esté acompañada de calidad.

Si se comparan las estructuras de la matrícula universitaria por área de conocimiento se observa que la proporción de estudiantes en ciencia e ingeniería es notablemente más alta en Asia que en América Latina. En Latinoamérica la escasa matrícula en estas carreras se traduce en la carencia de los recursos humanos para desarrollar las actividades de I+D en las universidades e industrias, lo cual constituye un obstáculo adicional para avanzar en las tareas de modernización tecnológica que debe realizar la región en los próximos años para modificar su patrón productivo e insertarse en la economía mundial (Cardoza y Villegas, 1998).

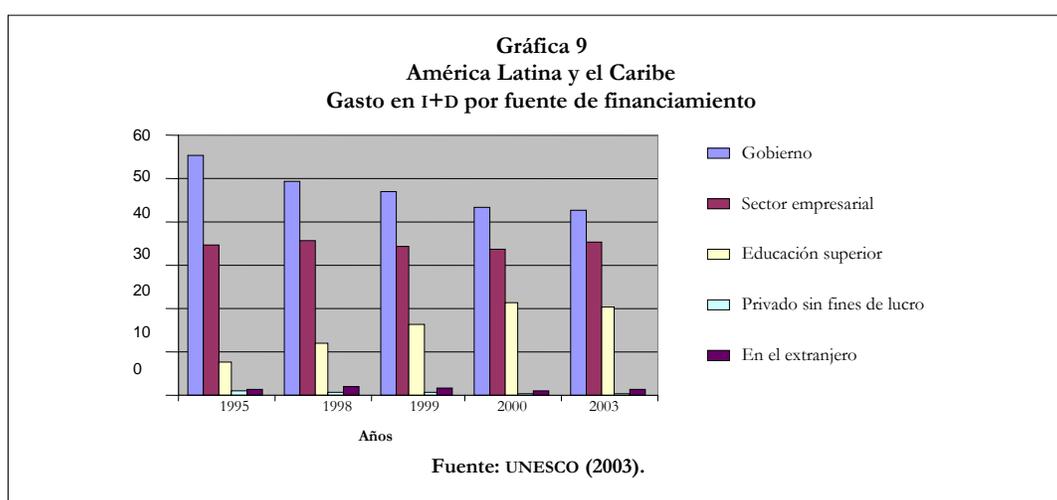
La inversión en I+D de los países del este de Asia es otra de sus características distintivas, en la gráfica 8 se puede observar la gran diferencia entre el gasto en I+D respecto al PIB con los latinoamericanos. Durante la primer etapa de su industrialización los asiáticos recurrieron principalmente a la compra de tecnologías extranjeras, licencias o imitaciones; más tarde, cuando se hizo más difícil acceder a la tecnología de punta, se vieron obligados a fortalecer sus propias capacidades de investigación y desarrollo y tanto los gobiernos como las empresas privadas aumentaron sus inversiones en este rubro (Cardoza, 1999).

Gráfica 8
Gasto en I+D
(% PIB)



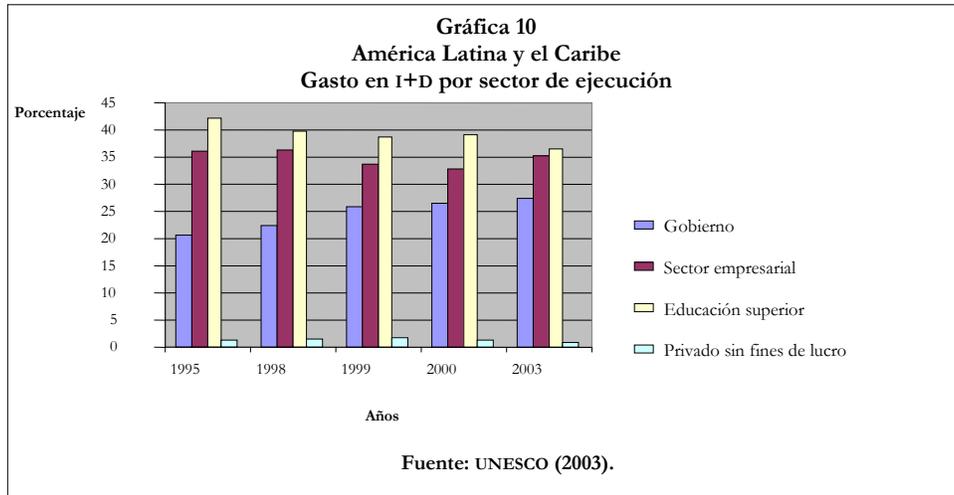
Fuente: ACAL (1999); World Bank (2000); PNUD (2006). *Human Development Report*.

Los altos niveles de inversión productiva les permitió una transferencia y producción más rápida de las nuevas tecnologías; también explican la superioridad de Asia (Wade, 1990) una mayor inversión en ciertas industrias que la que hubiera habido de no intervenir el Estado y la exposición de la industria a la competencia internacional, tanto en el mercado doméstico como en el mercado internacional. Cabe aclarar que la industrialización del comercio exterior no es sinónimo de libre mercado ni de crecimiento liderado por las exportaciones¹⁹ sino un requisito para las nuevas exportaciones, si la economía ha de tener un sector externo dinámico de forma sostenida, para poder alimentar de divisas a una economía en desarrollo (Ugarteche, 1997).

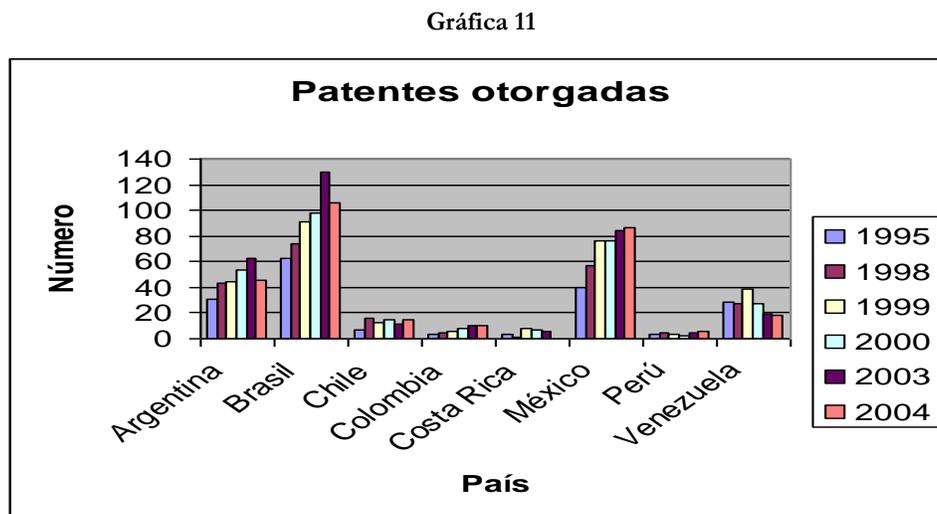


Las diferencias que se aprecian en los niveles de inversión de I+D como porcentaje del PIB en América Latina y el este de Asia ponen de manifiesto la importancia que los países de ambas regiones asignan a la ciencia y la tecnología en sus procesos de modernización. Como se puede observar en la gráfica 9, la mayor parte del financiamiento de las actividades en I+D en Latinoamérica proviene del gobierno mientras que en los países asiáticos del sector privado. En la ejecución del gasto en I+D se vislumbra una situación similar ya que en nuestras naciones las universidades públicas y las instituciones de investigación realizan la mayor parte de las tareas de I+D —como se observa en la gráfica 10— mientras que el responsable de la mayor parte de este gasto en los países asiáticos es la iniciativa privada.

¹⁹ La evidencia indica que los países de Asia, entre 1970 y 1992, han industrializado sus exportaciones y que éstas son cada vez más pesadas; es decir, están dirigidas hacia maquinaria y equipo de transporte. Para Corea del Sur, Malasia, Singapur y Hong Kong, este sector representaba en 1992 entre el 24% y 52% de las exportaciones totales, mientras que en 1970 significaba tan sólo entre el 2% y 12% (Ugarteche, 1997). Ver gráfica 8.



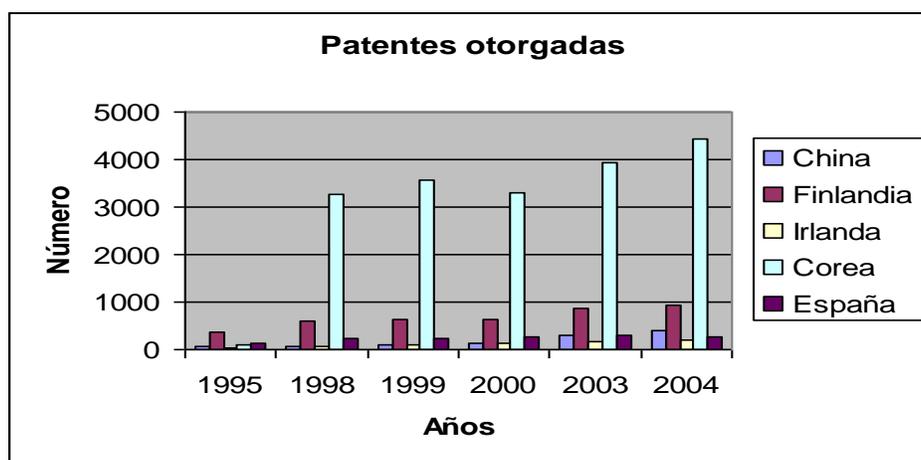
Sin embargo, ambas regiones comparten un fenómeno: la fuga de cerebros. Ante lo cual, los gobiernos asiáticos se vieron obligados a crear programas de repatriación que incluían atractivos puestos de trabajo con buenos salarios, ya que en los años cincuenta concedieron becas para formar sus cuadros de científicos e ingenieros en los países desarrollados — principalmente en Estados Unidos— y muchos de ellos permanecieron en el extranjero. En América Latina una de las dificultades, debido a las limitaciones del presupuesto que enfrentan las universidades e instituciones de investigación, ha sido ofrecer a los científicos condiciones de trabajo competitivas a nivel internacional, por lo que a pesar de que también se han creado esos programas no han tenido los mismos resultados.



Fuente: World Bank (2004). *World Development Indicators*.

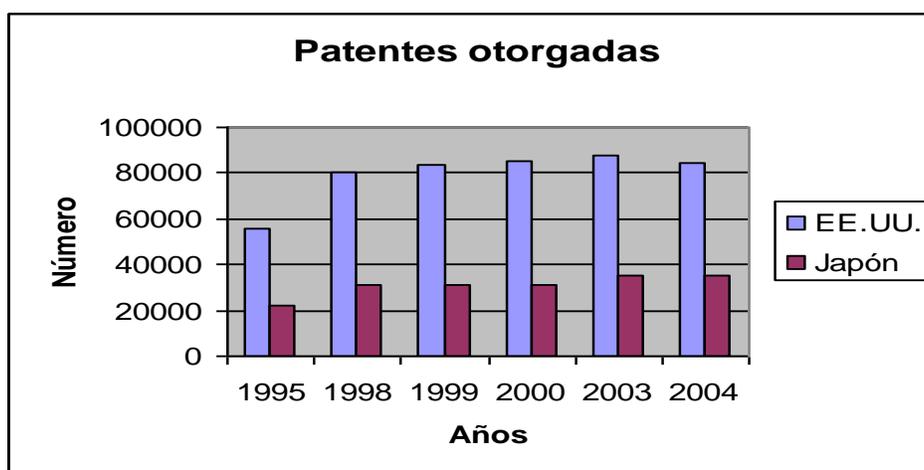
A partir de los años sesenta, el fortalecimiento de los sistemas de educación e I+D que experimentaron los países asiáticos les permitió aumentar su producción de conocimientos científicos y tecnológicos —lo cual se refleja en el crecimiento de sus publicaciones y patentes²⁰—, crear las capacidades de aprendizaje e innovación necesarias para acelerar la difusión de tecnologías, mejorar sus prácticas de dirección empresarial, acelerar la transformación de sus industrias basadas en mano de obra a industrias intensivas en tecnología y aumentar la productividad de los trabajadores.

Gráfica 12



Fuente: World Bank (2004). *World Development Indicators*.

Gráfica 13

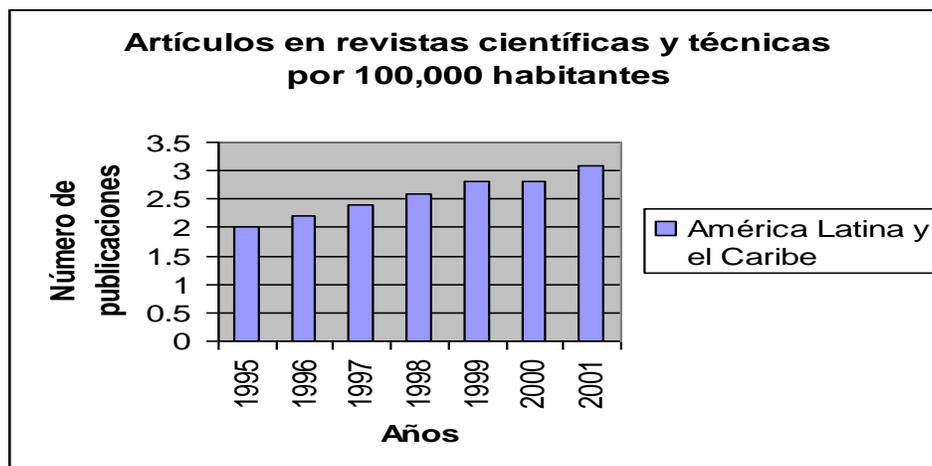


Fuente: World Bank (2004). *World Development Indicators*.

²⁰ Revisar gráficas 11 a 14.

Los pilares de la estrategia de industrialización basada en las exportaciones de manufacturas de alto valor agregado, que aplicaron los países del este de Asia, fueron la disponibilidad de recursos altamente calificados, el crecimiento continuo de la productividad de las industrias y el fortalecimiento de las capacidades de innovación. El aumento en la productividad permitió expandir las exportaciones de manufacturas, lo que a su vez permitió forzar una especialización industrial, un flujo de divisas necesario para mantener las inversiones productivas generadoras de trabajo mejor remunerado y calificado y el aumento de los niveles de ahorro y consumo interno. Asimismo, la calificación continua de los trabajadores y la producción y difusión de conocimientos permitieron incrementar la competitividad de los productos y servicios de exportación (Cardoza, 1999).

Gráfica 14



Fuente: World Bank (2002). *World Development Indicators*.

La intervención directa de los gobiernos asiáticos por medio de diversos instrumentos de política pública generó las condiciones para emprender ambiciosos proyectos industriales y la creación y mantenimiento de ventajas comparativas. Los Estados desempeñaron un papel activo en la planificación económica y el desarrollo industrial, en mejorar los procesos de establecimiento de prioridades y asignación de recursos, en encontrar soluciones a las fallas de mercado y coordinación y en el diseño y ejecución de políticas de industrialización. Otro rasgo sumamente importante es que se aprecia un consenso entre los académicos y los expertos de los organismos internacionales.

Además de la intervención estatal, Johnson (1987) señala otros factores comunes del éxito en las economías del este de Asia: Estados autónomos dirigidos por gobiernos semiautoritarios que garantizaron estabilidad política y la adopción de planes económicos y políticas industriales de largo plazo; burocracias altamente calificadas y protegidas de la presión de los grupos de interés; acuerdos de colaboración entre los sectores público y privado; fuerte compromiso de los gobiernos con el desarrollo social y la redistribución equitativa de los ingresos; y vínculos con los capitales tecnológicos y mercados extranjeros.

Los gobiernos de estos países modelaron el proceso de industrialización por medio de medidas orientadas a promover el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y organizacionales de las empresas y a desarrollar marcos institucionales y regulatorios requeridos para garantizar el nivel de interacción y coordinación entre los diversos actores nacionales y extranjeros. Algunas de las medidas que tomaron fueron: la regulación en la asignación del crédito, los subsidios, el control del régimen de impuestos, la política comercial y la asistencia administrativa (Cardoza, 1999).

II.5. Instrumentos para la industrialización de los países del este de Asia

En 1960 los gobiernos de los países del este de Asia ofrecieron protección a los mercados internos y a las empresas nacionales estableciendo regulaciones y sistemas de seguimiento a las inversiones extranjeras con el propósito de protegerlas de la competencia de las empresas del exterior.

Hill (1996) analiza que en los años setenta y ochenta los gobiernos de Corea del Sur, Taiwán y Singapur aplicaron políticas que incluían la oferta de programas de formación de recursos humanos; apoyo a las compañías para fortalecer sus capacidades de I+D y para el establecimiento de acuerdos de licencia; la concesión de créditos blandos para la importación de tecnología; y la asistencia, con lo cual promovieron de manera selectiva sectores industriales intensivos en tecnología y mano de obra calificada —ordenadores, telecomunicaciones, semiconductores—. Los gobiernos asiáticos optaron por crear centros de investigación aplicados y promover el establecimiento de alianzas estratégicas con socios extranjeros que aportaron capital, tecnología, mercados y canales de distribución ya que las empresas foráneas se mostraron renuentes a transferir las tecnologías de punta cuando vieron que la brecha

tecnológica que separaba a los países asiáticos de reciente industrialización (PARI), de los países industrializados se cerraba.

La promoción de los sectores industriales estratégicos intensivos en capital y tecnología que presentaban un claro potencial exportador es otro de los aspectos a destacar de las experiencias exitosas del este de Asia. Los responsables de las políticas de industrialización seleccionaron las industrias estratégicas según ciertos criterios: poseer grandes mercados potenciales, ser intensivas en tecnología, generar alto valor agregado, tener vinculaciones industriales, bajas en contaminación o presentar bajo consumo de energía. Así identificaron aquellas etapas de las cadenas productivas que generaban mayor valor agregado y en donde poseían mayores ventajas competitivas.

Por lo tanto, en América Latina las agencias de gobierno que participan en el diseño, ejecución y evaluación de la estrategia de desarrollo económico deben determinar en qué sectores poseen ventajas competitivas y realizar un análisis que revele las oportunidades de negocio. Asimismo, se deben realizar estudios sectoriales de competitividad y comercio internacional para tener información y poder diseñar nuevas estrategias de industrialización y tomar la decisión relativa a la inversión en I+D más conveniente en cada país. Una vez que se han determinado los sectores productivos, en los que se desarrollarán las actividades empresariales, deben diseñarse los instrumentos de política necesarios para crear entornos favorables y las condiciones para aprovechar estas oportunidades.

Para crear ventajas competitivas los gobiernos asiáticos implementaron programas de producción y suministro de materias primas y productos intermedios de alta calidad y precios bajos que requerían las empresas nacientes para fortalecer sus ventajas competitivas; adoptaron políticas de modernización tecnológica y de creación de mantenimiento de estas ventajas; simplificaron los marcos regulatorios de las actividades empresariales; y promovieron la creación de redes entre las grandes compañías y las pequeñas y medianas empresas (Pyme) Kuznets (1998).

Estas naciones también utilizaron la asignación de crédito, estimularon los mercados financieros para que establecieran compañías de capital de riesgo e intervinieron por medio de préstamos bancarios a tasas subsidiadas para contrarrestar el alto riesgo asociado a las inversiones en empresas de alta tecnología. Los PARI concedieron proyectos de sustitución de importaciones, licencias de importación, acceso a préstamos extranjeros, derechos de monopolio y oligopolio temporales, exenciones de tarifas aduaneras, exoneración de impuestos

y depreciación acelerada a aquellas firmas con potencial exportador y que cumplieran con las metas pautadas —la aplicación de estos métodos permitió penalizar a los ineficientes y seleccionar y premiar a los eficientes—.

Sus gobiernos adoptaron un enfoque integral dividido en tres ejes: instrumentos de política basados en la oferta, que las autoridades utilizan para aumentar la oferta tecnológica e incluyen la provisión de recursos financieros, mano de obra calificada y la difusión de conocimiento tecnológico; instrumentos de políticas basados en la demanda, empleados para crear mercados y orientar el desarrollo tecnológico, como los contratos de investigación y las compras del gobierno de bienes intensivos en tecnología; e instrumentos de política sustentados en el entorno, dirigidos a propiciar un clima económico favorable a las actividades de innovación, los cuales normalmente consisten en incentivos fiscales, sistemas de protección de propiedad intelectual y otras regulaciones (Rothwell y Zegveld, 1981). Estas fueron las principales políticas utilizadas por las naciones del este de Asia para lograr la rápida modernización tecnológica y alcanzar altas tasas de aprendizaje e innovación.

De esta forma, los instrumentos políticos basados en la oferta, además de proveer educación de alta calidad, incluían:

- Centros de I+D en el exterior. Para acelerar el desarrollo tecnológico y los procesos de innovación crearon unidades de I+D en países desarrollados —principalmente en Estados Unidos— lo que permitió diversificar las fuentes de conocimiento en áreas estratégicas.
- Institutos públicos de investigación aplicada y laboratorios. Se crearon universidades tecnológicas, institutos públicos de investigación y centros de diseño e ingeniería responsables de acelerar la difusión de tecnologías, ofrecer capacitación científica y tecnológica y ayudar a las industrias estratégicas a desarrollar capacidades de absorción de tecnologías importadas y modernizar la ya existentes (Kim, 1997).
- Proyectos conjuntos de investigación. Los gobiernos fomentaron el desarrollo de proyectos conjuntos de investigación entre las unidades de I+D de las empresas, universidades e instituciones públicas de investigación.

- Crédito subsidiados para I+D. Se otorgaron créditos subsidiados para aliviar la carga que supone a las empresas las altas inversiones en I+D y los riesgos asociados a las empresas de alta tecnología.
- Parques tecnológicos. Utilizados por los PARI para acelerar su desarrollo industrial, este mecanismo les permitió invitar a los institutos de investigación en tecnologías de punta, las universidades, los laboratorios de I+D y las compañías nacionales²¹.
- Recuperación de talento. Se crearon programas de incentivos para promover la repatriación de los profesionales y su vinculación a proyectos de investigación o en la creación misma de las empresas de base tecnológica.

Por otra parte, los instrumentos políticos basados en la demanda se utilizaron para incentivar a las empresas de los sectores estratégicos a invertir en sus propias capacidades de I+D y así impulsar el desarrollo tecnológico y promover la diversificación industrial. Estas políticas consistieron en:

- Concesión de contratos de I+D. Se usaron para ayudar a las empresas a crear capacidades y experiencia en I+D.
- Licitaciones públicas. Se emplearon para desarrollar y producir bienes con alto contenido tecnológico para las agencias del Estado.

Y, finalmente, los instrumentos políticos basados en el entorno fueron adoptados para crear ambientes estimulantes para que las compañías desarrollaran actividades de I+D, tales como:

- Sistemas de incentivos fiscales. Consisten en la reducción de impuestos para inversiones en I+D y otorgan tarifas reducidas para la importación de tecnologías, equipo de laboratorio y materiales de investigación.
- Derechos de propiedad intelectual. Se desarrollaron marcos legales para garantizar la protección de los resultados de la investigación aplicada por medio de la concesión de patentes.

²¹ Las experiencias de países como Taiwán y Brasil pueden ser tomadas en cuenta para el diseño de este tipo de parques en los demás países latinoamericanos.

II.5.1. Investigación aplicada y difusión de tecnología

Los gobiernos asiáticos crearon varios laboratorios e institutos de investigación diseñados para ofrecer asistencia técnica y apoyo en I+D a las empresas de base tecnológica y para desarrollar proyectos tecnológicos en colaboración. Estos institutos apoyaron a las compañías en la formación de ingenieros y científicos y en su proceso de asimilación, mejoramiento y difusión de tecnologías importadas (Kim, 1997). Se establecieron centros de investigación y desarrollo de nuevos productos, se hicieron arreglos institucionales que permitieron vincular a las empresas con las instituciones públicas y privadas de investigación, lo que posibilitó la movilidad de profesionales y aceleró la curva de aprendizaje.

De esta forma, las instituciones públicas de investigación y las universidades desempeñaron un papel determinante en el desarrollo y la difusión de tecnologías a las empresas locales con escasas capacidades de I+D o con dificultades de acceso a información sobre la contribución de las nuevas tecnologías al incremento de su competitividad internacional.

II.5.2. Incentivos para exportadores

Se diseñaron e implementaron instrumentos para promover la industrialización basada en las exportaciones de los sectores seleccionados, las políticas consistieron en créditos subsidiados a los exportadores, unificación de la tasa de cambio, sistemas de garantías públicas a las inversiones extranjeras, importaciones de materias primas y bienes intermedios para las industrias exportadoras libres de impuestos e incentivos fiscales por medio de exenciones de impuestos. Estos sistemas de incentivos, condicionados al cumplimiento de los compromisos de productividad y de exportación, contribuyeron entre otras cosas a acelerar el proceso de aprendizaje e innovación, fortalecer las políticas de industrialización guiadas por las demandas de los mercados externos, avanzar a etapas de industrialización caracterizadas por mayores exigencias técnicas y científicas y acumular el conocimiento necesario para ganar autonomía e independencia respecto de los proveedores extranjeros.

Otro elemento que ayudó a elevar la competitividad internacional de las empresas fue que cuando las economías asiáticas empezaron a perder ventajas competitivas, como los bajos

costos de mano de obra en ciertos sectores industriales —textiles y el ensamblaje de aparatos electrónicos—, trasladaron sus unidades de producción a los países vecinos que ofrecían mejores condiciones, mientras ellos se concentraban en las actividades manufactureras de alto valor agregado.

Se puede observar entonces que el patrón de desarrollo industrial regional otorgó grandes ventajas a los países asiáticos y promovió la integración regional, facilitó la difusión de tecnologías y mejores prácticas gerenciales y organizacionales, fortaleció la capacidad de negociación de las empresas nacionales frente a proveedores internacionales, las cuales, al poder operar en mercados ampliados, se beneficiaron de las economías de escala.

II.5.3. Inversión extranjera directa

Las alianzas con compañías transnacionales fue otro mecanismo usado para promover la expansión industrial, mejorar la capacidad de absorción de tecnologías extranjeras y las prácticas de negocios, diversificar las fuentes de tecnologías y superar las barreras de entrada a los mercados de bienes de alto valor agregado. También crearon sistemas de incentivos para atraer IED con el propósito de complementar los recursos de inversión interna y aprovechar los flujos de tecnología, formación y gerencia asociados a éstas. Así, los países de la región eran percibidos por las compañías extranjeras como de bajo riesgo, con estabilidad política y económica y que además ofrecían altas tasas de retorno a la inversión y bajos impuestos sobre los beneficios, por lo que en la década de los setenta el este de Asia se convirtió en la primera región en desarrollo en términos de la recepción de IED.

II.5.4. Calidad de la gestión pública

Entre 1970 y 1980 los países asiáticos crearon organismos de planificación, constituidos por los representantes de las agencias del gobierno, las empresas y la academia, responsables de diseñar, ejecutar y evaluar las políticas de industrialización. Sus experiencias demuestran que la efectividad y continuidad de un plan de desarrollo industrial de largo plazo depende de la capacidad de concertación de los actores, los pactos entre organizaciones políticas y partidistas,

la eficacia de los mecanismos institucionales y la calidad de los sistemas de incentivos e instrumentos de seguimiento y evaluación.

II.5.5. Integración industrial y competitividad internacional

La creación de un tejido industrial que facilitaba los vínculos y la colaboración entre las empresas fue otro de los elementos comunes del desarrollo en los países asiáticos que permitió aumentar la productividad global de las cadenas de producción, mejorar la calidad, reducir los costos e incrementar la competitividad internacional de sus industrias de bienes intensivos en mano de obra calificada y tecnología. Corea del Sur y Taiwán tienen varios ejemplos de programas inter-empresas (Kim, 1997).

Las experiencias exitosas del este de Asia dejan ver que en América Latina las empresas requieren consolidar y ampliar sus capacidades para aumentar su competitividad internacional y poder afrontar los retos asociados a la apertura y liberalización, con el propósito de fortalecer los sistemas nacionales de aprendizaje e innovación (SNAI); es decir, el establecimiento de una amplia matriz de relaciones institucionales que favorezca estos procesos y comprenda todos los mecanismos de coordinación institucional e instrumentos de política que contribuyen a consolidar y expandir las capacidades de aprendizaje e innovación de las organizaciones participantes.

El sistema incluye a los organismos públicos responsables del desarrollo económico y social, las entidades financieras, las instituciones públicas y privadas de educación, ciencia y tecnología, I+D, capacitación, asistencia técnica, empresas nacionales y transnacionales, transferencia y difusión de tecnologías avanzadas, las agencias de política industrial y regulación, información, diseño e ingeniería. Por su parte, Freeman (1988) define el SNAI como «la red de instituciones públicas y privadas cuyas actividades e interacción importan, modifican y difunden nuevas tecnologías».

El funcionamiento eficiente de estos sistemas necesita, entre otros factores, de la existencia de marcos institucionales y regulatorios —sistema jurídico, laboral, financiero, educativo, ciencia y tecnología, IED, transferencia de tecnología y propiedad intelectual—; de estabilidad política y macroeconómica —control del déficit fiscal, baja inflación, política cambiaria y monetaria, etc.—; y de una estrategia de industrialización guiada por los mercados

externos y de sistemas de incentivos para el aprendizaje y la innovación —formación continua de recursos humanos, creación de empresas, I+D corporativa—.

El alto riesgo que existe en los proyectos de investigación y desarrollo muchas veces disuaden a las empresas de invertir en esas actividades, por lo que es necesario que el gobierno implemente subsidios y sistemas de incentivos que permitan aumentar la productividad y competitividad internacional de las empresas.

Otro factor fundamental que se debe tomar en cuenta es que el desarrollo dependiente del este asiático y de América Latina es distinto. En Asia tiene que ver con ayuda externa y comercio exterior, mientras que en América Latina con bancos y empresas transnacionales. Las consecuencias que estos diferentes tipos de dependencia tienen en el desarrollo se centran en la capacidad del Estado para convertir esos vínculos en ventajas nacionales (Ugarteche 1997: 72).

Dentro del éxito de la industrialización asiática se puede observar que han sido economías más equitativas en la distribución del ingreso que las nuestras. Estos países utilizaron los mismos instrumentos de protección industrial e intervención gubernamental que los latinoamericanos, pero lograron éxitos innovadores en la producción. Ugarteche (1997) nos explica esta situación utilizando las variables que planteó Fajnzylber (1986): distribución del ingreso —la relación entre el ingreso del 40% más pobre y del 10% más rico— y competitividad internacional —representada por la relación exportaciones/importaciones en el sector de productos metalmecánicos y maquinaria—.

Ugarteche llegó a la conclusión de que el desarrollo de Corea del Sur y Taiwán se parece más al de Japón, cuyo modelo es más austero, con alta equidad —entendida como buena distribución del ingreso— y un proceso de innovación permanente. Mientras que el implementado en Latinoamérica se parece más al de Estados Unidos, el cual es poco austero, con una mala distribución del ingreso, bajo crecimiento y poca competitividad internacional. Lo que este autor sugiere es que la falta de ahorro interno derivado de una mala distribución del ingreso es un obstáculo para el desarrollo en América Latina y que junto a la carencia de progreso técnico serían los elementos centrales para comprender las diferencias entre las dos regiones analizadas.

Es decir, en América Latina hemos tomado el consumo conspicuo norteamericano sin haber llegado a los niveles de ingresos y dinamismo asiáticos. Esto es posible por los niveles de concentración del ingreso y por la disponibilidad de ahorro externo que

hubo durante las décadas de los sesenta, setenta y ochenta. La falta de ahorro interno derivada de este tipo de consumo en los sectores de altos ingresos dificulta los condicionantes para la competitividad internacional, en la medida en que no invierten en los montos requeridos para derivar de esa inversión el dinamismo deseado. En este contexto, las reformas estructurales introducidas en años recientes apuntan a retirar al Estado de la función inversionista y los mecanismos de regulación del consumo han sido eliminados, observándose un auge más marcado aún del consumo conspicuo. Este es, finalmente, consumo importado financiado con ahorro externo por medio de créditos de corto plazo interbancarios, que inducen por exceso de oferta de divisas a un retraso cambiario y que resultan en estancamientos exportadores de los sectores vinculados a la manufactura. Esto agrava los déficit en cuenta corriente porque el grueso de las exportaciones está concentrado en una o pocas materias primas cuya demanda es inelástica (Ugarteche, 1997: 76 y 79).

Así, podemos observar que durante la industrialización en América Latina, y a pesar de la generalización de centros de investigación y extensión en el ámbito de la agricultura y de centros tecnológicos en determinados sectores productivos, el escaso dominio del cambio tecnológico y el desinterés por la tecnología no incorporada, con la consiguiente secuela sobre la escasa demanda por el desarrollo de tecnología endógena y por los procesos de adaptación y mejora tecnológica, impidieron una adecuada articulación entre investigación científica, desarrollo tecnológico y modelo económico.

El análisis comparativo con el este de Asia permite afirmar que el éxito de la estrategia de desarrollo basada en las exportaciones de manufacturas y servicios de alto valor agregado pone de manifiesto la necesidad de combinar balanceadamente la intervención gubernamental, el sector productivo y el académico, ya que la suma de estos esfuerzos permitió, en aquella región, acelerar el cambio tecnológico y, por ende, aumentar la rentabilidad del capital en el mediano y largo plazo.

También nos permite concluir que entre los factores que posibilitan la generación de empleos de calidad figura el nivel educativo de un país; esto significa que entre más elevado sea, mayor será la remuneración de los empleos y el bienestar social y económico. Cabe recordar que el conocimiento se establece en función de los años de escolaridad de una sociedad. En forma general, se observa que entre más alto es este nivel, la posibilidad de lograr

un empleo bien remunerado y de calidad aumenta, además de que esto permite a los países incrementar el número de científicos que poseen.

México está ubicado en el nivel de educación secundaria, con bajos niveles de terciaria —educación superior y posgrado—, situación que en parte explica el por qué los empleos generados son mal remunerados. Otro aspecto que inhibe la generación de empleos de calidad es la carencia de un núcleo de investigadores del tamaño que se requiere; actualmente, existe una evidente desproporción entre las personas dedicadas de tiempo completo a la investigación y los millones de individuos que conforman la Población Económicamente Activa (PEA), lo que evidencia que en nuestro país la investigación ha estado históricamente relegada y, en consecuencia, no ha tenido el impacto suficiente para alcanzar un desarrollo nacional acorde a las necesidades de la nación y al contexto internacional.

III. Surgimiento de la política científica

No debe haber barreras para la libertad de preguntar. No hay sitio para el dogma en la ciencia. El científico es libre y debe ser libre para hacer cualquier pregunta, para dudar de cualquier aseveración, para buscar cualquier evidencia, para corregir cualquier error. Mientras los hombres sean libres para preguntar lo que deben; libres para decir lo que piensan; libres para pensar lo que quieran; la libertad nunca se perderá y la ciencia nunca retrocederá.

ROBERT OPPENHEIMER

En este capítulo se hará un recorrido histórico a partir de la segunda mitad del siglo XX para mostrar los rasgos comunes y los diferentes aspectos que adquiere la política científica en cada contexto. Para ello, este campo de la política se entenderá como un proceso social que se articula sobre varios ejes relacionados con la estructura política de cada sociedad —incluyendo no solamente el sistema político sino los problemas del equilibrio de poder entre los diversos actores—; con la evolución de la ciencia y la naturaleza de su relación con la tecnología; y, finalmente, con las formas de actuación del Estado en los procesos de creación, difusión y aplicación de los conocimientos.

III.1. Antecedentes

Tomaremos como punto de partida la Segunda Guerra Mundial, ya que los diferentes autores coinciden en señalar que fue a partir de este conflicto —teniendo como hecho emblemático el Proyecto Manhattan¹— que la naturaleza de la relación entre la ciencia y el poder cambió cualitativamente (Dagnino, R. *et ál.*, 1996).

¹ En la primavera de 1939, cuando en Europa se empezaba a pensar en la guerra, el físico de origen húngaro, Leo Szilard, visitó a Einstein para decirle que el régimen nazi disponía de expertos en fisión nuclear y que era posible que intentaran desarrollar un arma atómica, por lo que le propuso que utilizara su prestigio para convencer al presidente de Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, de la importancia de empezar a construir un artefacto nuclear. El 2 de agosto de 1939, Einstein, en nombre de varios científicos, le escribió al presidente para informarle de la situación: «El elemento uranio puede convertirse en una nueva e importante fuente de energía», en respuesta

La orientación en función de la cual se ajustaron los instrumentos de la política científica y tecnológica de la posguerra se basaba en el concepto del «modelo lineal de innovación», en el que la investigación básica da lugar a la aplicada, ésta, a su vez, al desarrollo experimental y este último a la innovación tecnológica. Este enfoque dio lugar a lo que se denomina como «políticas de oferta del conocimiento» a una sociedad integrada por presuntos «usuarios». Con el tiempo, dicho enfoque fue cambiando hacia el estímulo de la demanda y de los procesos de innovación.

En 1945, Vannevar Bush, director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico de Estados Unidos, elaboró el informe *Ciencia, la frontera sin fin* como respuesta a la petición del presidente estadounidense, quien quería saber de qué forma la ciencia podía contribuir a mejorar la salud, cómo el gobierno podía apoyar la investigación y en qué medida podía el talento científico de los jóvenes ser descubierto y desarrollado. El informe fue elaborado bajo la óptica del papel de líder mundial que le aguardaba a esa nación y estaba sustentado en el más firme optimismo científico; por ejemplo, Bush (1999) afirmaba que más y mejor ciencia significarían el progreso de toda la sociedad. Por este motivo, proponía que el apoyo estatal a la investigación científica fuera institucionalizado mediante la adopción de distintas medidas; entre las que destacaban: subvencionar la investigación básica como forma de potenciar toda la ciencia, garantizar la autonomía de los científicos frente a otros intereses y aprovechar al máximo los recursos humanos de la ciencia y la tecnología.

La propuesta de Bush se centraba en la ciencia básica, destinada a explorar nuevos campos teóricos, más que en la investigación aplicada, ya que estaba basada en la convicción de que esta ciencia crea la mayoría de los nuevos conocimientos. En su visión, la investigación básica se lleva a cabo sin considerar los fines prácticos, por lo que su resultado es un conocimiento general y una mejor comprensión de la naturaleza y sus leyes, pero a pesar de ello proporciona las bases del progreso científico y tecnológico, tanto en las industrias como en

Roosevelt incrementó las investigaciones acerca de las implicaciones en la seguridad nacional de la fisión nuclear. En octubre de 1939 el plan para desarrollar armas atómicas ya estaba en marcha aunque con escaso interés ya que por aquel entonces Estados Unidos era un país neutral. Sin embargo, tras el ataque japonés a Pearl Harbor, el Proyecto Manhattan, dirigido por el general Leslie Groves y el físico Robert Oppenheimer, empezó a obtener los recursos humanos y financieros necesarios. Los investigadores —eminencias científicas— trabajaron simultáneamente en dos distintos prototipos de bomba: una de uranio y otra de plutonio. La primera cayó sobre Hiroshima y la segunda sobre Nagasaki. Después de la primera detonación Einstein comentaría: «debería quemarme los dedos con los que escribí aquella primera carta a Roosevelt» (Thorpe y Shapin, 2000).

el gobierno, por más que no se disponga de la certeza a priori de que se producirán logros inmediatos.

Bush afirmaba que el desarrollo de la ciencia básica está, en gran parte, en manos de los institutos de investigación y universidades. Por lo tanto, ambos deberían ser apoyados económicamente por el gobierno. Asimismo, establecía el principio de que el Estado, aunque esté motivado por el propósito de obtener conocimientos útiles para el logro de ciertos objetivos estratégicos, debe necesariamente preservar la libertad de investigación —por más que no se tenga certeza acerca de que los proyectos científicos produzcan logros concretos e inmediatos—.

El progreso científico en un amplio frente resulta del libre juego de intelectos libres, que trabajen sobre temas de su propia elección, y según la manera que les dicte su curiosidad por la exploración de lo desconocido. En cualquier plan de apoyo gubernamental a la ciencia debe preservarse la libertad de investigación (Bush, 1999: 27).

En concordancia con esto, los centros de investigación y las universidades deben recibir recursos públicos que les permitan atraer a los mejores científicos, brindándoles buenas oportunidades y retribuciones, y liberándolos de la presión por los resultados inmediatos que reclaman las empresas. Para Bush, sólo la investigación practicada en estas condiciones proporciona las bases para el progreso científico y tecnológico en las industrias y el gobierno.

La investigación básica se lleva a cabo sin considerar los fines prácticos. Su resultado es un conocimiento general y una comprensión de la naturaleza y sus leyes. Ese conocimiento general brinda el medio de responder a una gran cantidad de importantes problemas prácticos, aunque tal vez no dé una respuesta específica a ninguno de ellos. Es función de la investigación aplicada proporcionar esas respuestas acabadas (1999: 32).

III.2. Modelo de desarrollo lineal

El enfoque subyacente en *Ciencia, la frontera sin fin* fue denominado posteriormente como el «modelo lineal» de difusión de la ciencia, por cuanto consistía en la suposición de que el

conocimiento puede ser expresado como una línea continua con un gradiente que va desde un extremo de mayor abstracción —investigación básica— hasta otro más vinculado con problemas prácticos —investigación aplicada y producción de tecnología—. Ahora, si bien se trataba de una línea, el modelo se sostenía en la suposición de que el empuje proviene del extremo básico. En tal sentido, Bush creía que en aquel entonces era más cierto que nunca el hecho de que la investigación básica fijaba el ritmo del progreso tecnológico. Afirmaba que una de las esperanzas de la sociedad estadounidense era alcanzar después de la guerra el pleno empleo, pero para ello era necesario que la industria fuera capaz de lograr productos nuevos y competitivos. En este punto, la contribución de la ciencia básica aparecía dotada de una importancia trascendente. Los nuevos productos, advertía, no surgen de los conocimientos ya disponibles, sino que se fundan en nuevos conceptos tecnológicos y conocimientos aplicados que, a su vez, son el resultado de la investigación básica.

Una de nuestras esperanzas es que después de la guerra haya pleno empleo. Para crear más puestos de trabajo debemos hacer nuevos productos, mejores y más baratos. Pero los nuevos productos y procesos no nacen plenamente desarrollados. Se fundan en nuevos principios y nuevas concepciones, que a su vez resultan de la investigación científica básica. Ésta es capital científico (1999: 45).

El documento de Vannevar Bush impulsaba la formulación de una política de gobierno destinada a potenciar la ciencia, ya que ésta era considerada como un motor relevante para la grandeza y el bienestar del país. El Estado debía tener, por lo tanto, un papel central en la promoción de la actividad científica y, en tal sentido, debía aceptar responsabilidades inéditas para promover la creación de nuevos conocimientos y el desarrollo del talento científico en los jóvenes.

Por otro lado, Bush también le asignaba al gobierno la responsabilidad de mejorar las instituciones científicas en las distintas áreas de investigación; entre otras cosas, para que pudieran competir con la industria en el reclutamiento de los mejores investigadores, y para que pudieran cubrir campos estratégicos no abordados por los centros de investigación y desarrollo de las empresas.

Por último, el gobierno debía jugar un papel de liderazgo como impulsor del intercambio mundial de información científica, mediante la convocatoria a congresos y becas

internacionales. Asimismo, la investigación militar debía ser fortalecida por el gobierno, prosiguiendo en tiempos de paz con el apoyo de científicos civiles.

Su propuesta fue debatida intensamente en los años siguientes. Finalmente, en 1950 se creó la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF), siguiendo el modelo propuesto, aunque bastante recortado en cuanto a propósitos y recursos.

Una de las convicciones básicas sostenidas por el documento de Vannevar Bush era que el capital científico crece cuando se fortalecen los centros de investigación básica, pero sobre todo cuando mejora la cantidad y calidad de los científicos. Sin embargo, advertía que en Estados Unidos existía un déficit de estudiantes y graduados universitarios debido a la guerra y que ello habría de repercutir en forma negativa sobre el número de investigadores disponibles en el futuro. Para remediar esta situación, proponía soluciones concretas: el gobierno debía crear programas de becas que facilitaran el acceso a la formación de las personas con capacidad pero de escasos recursos; e implementar programas destinados a descubrir y desarrollar la vocación científica de los jóvenes potencialmente talentosos (1999: 47).

Las consecuencias del proceso de vinculación estrecha entre la ciencia y la política no se limitaron a los resultados científicos y los desarrollos de interés industrial y militar. Además de aquellos logros evidentes, se produjeron cambios profundos en la relación de los hombres de ciencia con las estructuras de poder. Los que crearon los conocimientos necesarios para el desarrollo de las nuevas armas entraron de lleno en estas estructuras, no sólo como consejeros científicos del gobierno sino como partícipes en los procesos de toma de decisiones políticas. Al respecto, Daniel Bell (1994) señala que «en pocas ocasiones ha brotado con tanta rapidez una nueva elite de poder».

Los científicos llegaron a colocarse en primera fila por dos razones. Al hacer estallar las fuerzas de la naturaleza habían evocado profundos temores mitológicos y remotos. Estas armas implicaban un conocimiento técnico muy superior a la competencia de los militares, y ahora parecía que los militares dependían en gran parte de la ciencia, a pesar de que también los militares constituían una nueva elite. Desde 1945 a 1955 se sostuvo una guerra oculta entre estas dos elites en los laberintos burocráticos de Washington, una pugna que finalizó con la derrota política de la ciencia (Bell, 1994: 49).

La derrota de la ciencia a la que se refería Bell era, paradójicamente, su propio triunfo. Al lograr una importancia política tan grande, los líderes de los grupos científicos más destacados

adquirieron rápidamente un poder que trascendía el campo de sus respectivas disciplinas. Se trataba de «poder político» en estado puro; se habían convertido en actores políticos de primera línea que podían influir en el destino de su país en lo inmediato y en el largo plazo. Podían rivalizar con la administración pública, con la dirigencia política y con los militares. Tenían su propia fuente de poder, eran los guardianes del acceso a los conocimientos que la sociedad necesitaba para cumplir sus propósitos en casi todos los ámbitos.

No obstante, al alcanzar tal éxito actuaban en una esfera nueva, desconocida para ellos y, por ende, debían ajustar sus estrategias a la lógica política, que les era menos familiar que la lógica de la ciencia; así, la propia ciencia quedaba subsumida a los intereses y reglas de juego de la política. Este proceso no podía desarrollarse sin conflictos, por lo cual algunas de las propuestas más firmemente sostenidas por los científicos fueron políticamente derrotadas, e incluso algunos de los líderes de la nueva y poderosa ciencia experimentaron situaciones dolorosas.

Los investigadores involucrados en el proyecto nuclear —particularmente los físicos— fueron quienes más rápidamente tomaron conciencia de que por primera vez en la historia podían intervenir, como científicos, en las decisiones políticas y militares de la nación. La fuerza de su inédita capacidad política estaba asociada, fundamentalmente, con la potencia destructiva de las nuevas armas que habían desarrollado y, en menor medida, con su fuerza creativa. Sería en otro ámbito en donde crecería un movimiento científico de corte socialmente progresista —liderado por el científico inglés y militante comunista John Bernal—, cuyo propósito era despertar la conciencia de la sociedad acerca de la necesidad de adoptar una ética acorde con la capacidad creativa y destructiva de la ciencia.

Así fue que, dentro del propio colectivo de los hombres de ciencia, se produjo una división entre aquellos más radicalmente opuestos a la utilización de las armas nucleares, aquellos que sustentaban su poder sobre la base de su desarrollo y, asociados en la práctica con estos últimos, aquellos que defendían la neutralidad de la ciencia y, por lo tanto, creían que los científicos no debían culparse ni tampoco tener especial incumbencia sobre el tema del uso de estas armas.

En 1946 fue presentado, ante la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Plan Baruch, el cual proponía la creación de una autoridad internacional de desarrollo atómico que debía mantener un monopolio sobre los materiales de fusión peligrosos y las plantas de producción en todo el mundo. Según este proyecto, ninguna nación podía construir sus

propias armas atómicas y se debían imponer sanciones a las que violaran tales acuerdos. Esta autoridad internacional debía intentar, asimismo, estimular los usos pacíficos de la energía atómica en los países subdesarrollados.

Paralelamente, se estaba gestando a escala internacional otro proceso: la conformación de la «comunidad científica», con un flujo casi libre de información. También los científicos nucleares pretendieron difundir en forma abierta los datos que disponían entre los científicos de todo el mundo. Sin embargo, aquellas intenciones se frustraron en 1949 por la evidencia de que la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) había desarrollado su propia bomba atómica. Esto hizo que los científicos tuvieran que justificar sus argumentos no sólo en términos técnicos sino más bien políticos, lo cual implicaba arriar las banderas de la hegemonía de la ciencia y someterse a las reglas de juego propias de las relaciones de poder.

La explosión de la bomba A soviética trasladó la discusión de estas cuestiones políticas del terreno público al terreno privado requerido por la seguridad militar. Así, pues, desde 1949 a 1955 el papel político de los científicos fue representado en secreto, quedando restringida a las elites la participación en puestos asesores y administrativos en el gobierno (Bell, 1994: 52.).

Los éxitos obtenidos por la ciencia le habían asegurado un espacio de autonomía para la determinación de sus prioridades, tal como había sido planteado por Bush en 1945. Así, la política científica de los años posteriores a la guerra fue hegemonizada por la cultura académica y sus valores. No obstante, esto habría de revertirse drásticamente en la década de los cincuenta, cuando el bloque comunista mostró sus avances. De esta manera, esta década trajo consigo la derrota de las posturas científicas y la adopción, por parte del gobierno, de los criterios propuestos por los militares, pendientes de impulsar el desarrollo de nuevas armas de destrucción masiva. La lógica de la confrontación política y militar había prevalecido (Elzinga y Jamison, 1996).

III.3. La «ciencia grande»

Un proceso paralelo al de la politización de la ciencia e íntimamente relacionado a éste fue el cambio de escala en la organización de la investigación. La producción de los conocimientos

necesarios para atender nuevas demandas, tanto militares como industriales y hasta el mismo desarrollo de la investigación básica, comenzó a demandar grandes equipamientos y concentraciones crecientes de investigadores. De un modo análogo al modo de producción «fordista» —prevaleciente en el campo de la industria—, basado en las ventajas derivadas de la economía de escala y con una visión centrada en la oferta de productos, la ciencia comenzó a ser desarrollada en grandes unidades productivas de conocimientos: las unidades I+D. A este proceso se lo conoce como el surgimiento de la *big science* o «ciencia grande». Mientras la «ciencia pequeña» de años anteriores era practicada a una escala casi individual o artesanal, la *big science* comenzó a requerir enormes inversiones que generalmente están sólo al alcance de los gobiernos. Derek de Solla Price, describiría así el contraste entre ambos tipos de ciencia:

[...] la ciencia de hoy desborda tan ampliamente la anterior, que resulta evidente que hemos entrado en una nueva era que lo ha barrido todo, a excepción de las tradiciones científicas. Las instalaciones científicas básicas son tan gigantescas que han sido con razón comparadas con las pirámides de Egipto y las grandes catedrales de la Europa medieval. Los gastos en personal e inversiones que la ciencia supone la han convertido de repente en un capítulo de gran importancia de nuestra economía nacional. La enormidad de la ciencia actual, nueva, brillante y todopoderosa es tan manifiesta que, para describirla, se ha acuñado el expresivo término de «Ciencia Grande» (1973: 72).

Uno de los resultados del nuevo sistema habría de ser la profesionalización de los investigadores. Joseph Ben David (1974) señala que apareció entre los científicos el papel de «investigador profesional», con un código de conducta que implicaba el deber de estar al tanto de los últimos desarrollos científicos, investigar y contribuir al avance de la ciencia. A la vez, el empleador debía respetar ese estilo de conducta, asegurando al investigador la disponibilidad de recursos, tiempo y libertad.

También aparece un nuevo actor: el administrador o gestor de la ciencia; un grupo especializado de personas que tenían la misión de servir de enlace entre el aparato político burocrático y la comunidad académica, generando las condiciones para mejorar el funcionamiento de la investigación, tanto en la utilización de los recursos, el reclutamiento de científicos y la gestión de instituciones y proyectos. El papel de los administradores o gestores de la ciencia fue ampliándose con el tiempo, hasta el punto de hacerse conscientes de su poder en la toma de decisiones acerca del rumbo de la ciencia.

III.4. El *ethos* de la ciencia

Desde los comienzos mismos de su institucionalización, siglos atrás, la ciencia tendió a constituirse como una comunidad autónoma y autodirigida y en este proceso fue construyendo un espíritu propio, común a todos los investigadores; un *ethos* cuyos rasgos principales fueron definidos por Robert Merton como «universalismo», «comunalismo», «desinterés» y «escepticismo organizado». Derek de Solla Price (1973) se refirió a este fenómeno como el surgimiento del «colegio invisible» de los científicos y dedicó grandes esfuerzos a desarrollar indicadores y técnicas de medición que permitieran dar cuenta de la red que los vinculaba. Por su parte, Daniel Bell argumentaba:

Aunque la fuerza moral de la ciencia estriba en el *ethos* de una comunidad autorregulada, el crecimiento de este estamento desde la Segunda Guerra Mundial, durante los años de nacimiento de la sociedad postindustrial, ha transformado a la ciencia de forma tan extraordinaria como para crear una disyunción radical entre la imagen tradicional, tanto en su *ethos* como en su organización, y la realidad de su estructura y papel como Gran Ciencia (1994: 57).

Bell remarcó el concepto de «comunidad» para el caso de la ciencia y se detuvo a considerar que ésta posee lazos internos sostenidos sobre la tradición y la opinión —comunidad en tanto *gemeinschaft*— y, a la vez, tiene normas burocráticas —comunidad como *gesellschaft*: sociedad extensa e impersonal—.

Hoy en día, la ciencia es las dos cosas, *gemeinschaft* y *gesellschaft*. Existe la comunidad científica, el reconocimiento por los colegas de una realización sobresaliente, que participa de la cualidad carismática de la empresa y mantiene las normas del conocimiento desinteresado. Y existe también la sociedad ocupacional, una empresa económica a gran escala cuyas normas se reducen a los rendimientos útiles para la sociedad o la empresa (no lucrativa o lucrativa), y que crece cada vez más, tendiendo a empequeñecer a la primera (1994: 63).

En opinión de Bell los rasgos de la sociedad ocupacional son claros y se perciben en dos órdenes: interno y externo. En el orden interno se encuentran los rasgos comunes de los

procesos de burocratización: tamaño de las organizaciones, diferenciación de funciones y especialización. La tarea está regulada —en menor medida en las universidades y más claramente en los laboratorios de investigación— por una jerarquía formal y por normas impersonales. Como resultado de este proceso se pierde el sentido del conjunto a la hora de asignar tareas minuciosas y tiende a perderse también el control total del proceso de trabajo. En cambio, tiende a producirse la alienación del individuo en el propio lugar de trabajo, sometido a las normas y fragmentación de la organización.

En el orden externo se encuentra la dependencia con respecto al gobierno, en cuanto al apoyo financiero y la solicitud de que la ciencia esté subordinada a las necesidades nacionales, ya se trate de investigación de armamento, promoción de la tecnología, limpieza del medio ambiente o similares. En esto radica la mayor claudicación del ideal tradicional de la ciencia. En lugar de la autodirección aparece la política científica, que se traduce inevitablemente en un conjunto de limitaciones a la libre creatividad. La más odiosa para muchos científicos, por su contradicción con el espíritu de la frontera infinita, era la planificación de la ciencia, que resulta inevitable desde la óptica de la gestión. La planificación introdujo en el debate público problemas tales como la medición del grado de apoyo a la ciencia en términos del porcentaje del PIB destinado a la I+D, las asignaciones relativas entre los distintos campos, la determinación de prioridades en la investigación, y así sucesivamente.

Como ha observado Jean-Jacques Salomon, en estos días, si se produce un conflicto entre la ciencia y el gobierno, no se lleva a cabo bajo la antigua bandera de la verdad, sino bajo la de la productividad. Concebida de este modo instrumental, la ciencia es únicamente uno entre otros medios que una sociedad utiliza con el fin de conseguir ciertas metas, y la toma de decisiones en él no se puede dissociar del proceso de decisión en otros campos, como la economía o la defensa (Bell, 1994: 68).

La nueva realidad conmovió el imaginario de los científicos acerca de su propia autonomía. Como cualquier comunidad, la de los científicos podía reclamar el respeto a sus propios valores culturales. Sin embargo, además de convertirse en comunidad, los hombres de ciencia pasaban a formar parte de estructuras burocráticas de grandes dimensiones. En este sentido, las instituciones científicas —como todas las grandes organizaciones en el seno de una sociedad— quedaron sometidas a la tensión de ser objeto de evaluación pública y de controles

gubernamentales. Al mismo tiempo, tal como ocurre con cualquier asociación poderosa — como las grandes empresas—, la comunidad científica se descubrió a sí misma tratando de influir en las decisiones políticas y se convirtió así en un demandante más dentro del sistema político.

El *ethos* de la ciencia, afirmaba Daniel Bell, formulado en una primera época de inocencia, incorporó en su seno elementos contradictorios, convirtiéndose en la ideología de la sociedad postindustrial: un credo que establece la norma del conocimiento desinteresado, pero que no concuerda con su propia disposición al servicio de los intereses de un orden burocrático tecnológico nuevo que entrelaza conocimiento y poder, contraponiendo la presunta libertad de investigación con un sistema político centralizado, en pugna por mantener bajo control una sociedad compleja y fraccionada.

Como consecuencia del proceso abierto a partir de la Segunda Guerra Mundial, la ciencia ha pasado a estar unida con el poder de forma intrínseca y se convirtió en un factor integral para el crecimiento económico. La magnitud del poder de un país comenzó, en forma acelerada, a dejar de estar basada en su producción de acero y en su estructura industrial, para comenzar a apoyarse en la calidad de su ciencia y en su capacidad de desarrollarse mediante la I+D de nuevas tecnologías. Por estas razones obvias, la nueva posición de la ciencia en la sociedad afectó crecientemente su estructura interna en varias dimensiones, según se trate de que la jerarquía derive de los aspectos cognitivos, la estructura organizacional del empleo o de la posición relativa en los juegos de poder.

En función de lo expuesto, Bell dividía a los miembros de la comunidad científica en tres categorías, cada una de ellas con su propia estructura jerárquica:

- *Establishment.* La proximidad con los factores de poder en la sociedad y su capacidad de dialogar con éstos tiene un impacto sobre la estructura interna de la ciencia. Esto se traduce en una estructura jerárquica cuyos niveles más altos conforman un *establishment* que, por lo general, está compuesto por figuras destacadas de las grandes universidades, jefes de grandes laboratorios gubernamentales o privados, editores de revistas científicas y dirigentes de asociaciones científicas. Este grupo es el intermediario habitual entre la ciencia y el gobierno.

- Sociedad ocupacional. La organización de las grandes unidades de I+D, los grandes proyectos organizativamente complejos y el rumbo general de la institucionalización de la ciencia a partir de la posguerra, expresa una nueva dimensión de las organizaciones científicas que atañe a la posición que los investigadores ocupan en ella como asalariados. Esto es lo que Bell denomina como «sociedad ocupacional», la cual surge como una estructura jerarquizada cuyo nivel más alto está compuesto por los miembros de asociaciones profesionales, las que pueden actuar también como asociaciones sindicalizadas que presionan por fondos para sus respectivas áreas.
- Comunidad carismática. El reconocimiento de los saberes relativos por parte de los pares o colegas profesionales también da lugar a una cierta jerarquía que tradicionalmente ha sido la única reconocida como tal por los miembros de la comunidad científica desde sus orígenes. Esto es lo que Bell llamó «comunidad carismática». Los niveles más altos de esta jerarquía son ocupados por un grupo reducido de científicos de elevada reputación, cuya altura descansa en sus contribuciones intelectuales y en los reconocimientos recibidos.

III.5. Ciencia, tecnología y sociedad en el pensamiento latinoamericano

La investigación científica tuvo un desarrollo modesto pero relativamente temprano en Argentina, Brasil y México, particularmente en el primero. Esto permitió que, en una situación de relativa carencia, destacaran grupos de investigación aislados con capacidad para afrontar los desafíos del momento en la frontera internacional del conocimiento. Lo que el historiador peruano Cueto (1989) denominó «excelencia en la periferia», se constituyó como un fenómeno posible gracias al contexto de una ciencia internacional todavía dominada, en grandes áreas, por el modo artesanal de hacer ciencia, regida por las pautas dominantes de la ciencia académica. Así, el primer Premio Nobel científico de América Latina, Bernardo Houssay, desarrolló sus investigaciones fisiológicas en el laboratorio de una universidad pública, equivalente al de los principales países científicos; equivalente no sólo en tipo y cantidad de equipos y recursos sino también en cuanto a la racionalidad, justificación o fuente de legitimidad de la ciencia misma. Sin embargo, esta ciencia académica sufrió en varios países

latinoamericanos los embates de la inestabilidad política, el oscurantismo ideológico y el autoritarismo.

A partir de la década de los cincuenta, América Latina se embarcó en la formulación de políticas científicas y tecnológicas. Esto llevó a un fuerte proceso de institucionalización, tanto de la investigación científica y tecnológica como de distintos mecanismos de desarrollo en el sector: legislación en transferencia de tecnología, planificación de la ciencia, métodos de diagnóstico de recursos, sistemas de fijación de prioridades tecnológicas, etc. Los resultados más destacables de este período fueron: profesionalización de las actividades científicas, fortaleciéndose tanto la figura del académico como la del asalariado de organismos públicos sectoriales o de laboratorios de empresas públicas; creación de organismos de promoción y planificación de ciencia y tecnología con una serie de prácticas de evaluación, asignación de recursos y difusión de resultados; creación de organismos sectoriales de investigación tecnológica en áreas prioritarias para las economías nacionales, en el marco de un modelo económico basado en la industrialización por sustitución de importaciones, como principio del desarrollo económico y en algunas prioridades militares; e importantes laboratorios tecnológicos en las grandes empresas públicas, sobre todo, extractivas e industriales.

A fines de esta década y durante las dos siguientes, las actividades en ciencia y tecnología se llevaron a cabo sobre la base del esfuerzo casi exclusivo del Estado, incluyendo el de las universidades públicas. Independientemente del hecho de que estos esfuerzos no provocaron una dinámica sostenida de innovación en el conocimiento y la economía, ya que en muchos sectores predominó el divorcio entre investigación y producción, sí se desarrollaron dos modelos contiguos de investigación en ciencia y tecnología. Por un lado, el de la ciencia académica, basada principalmente en las universidades e incorporada, aunque de manera periférica, a la comunidad científica internacional, de quien recibe su legitimidad, orientaciones y formas de organización, apoyándose en los criterios de calidad y excelencia. Y por el otro, una actividad tecnológica, sustentada sobre todo en organismos sectoriales y legitimada por un aparato de planificación estatal destinado a la resolución de problemas prácticos y a la transferencia de tecnologías al sector productivo o de defensa. Ambos modelos eran financiados por el Estado aunque respondían a lógicas diferentes.

Durante los años ochenta se dieron cambios en este esquema. El papel del Estado se transformó con la disminución de sus funciones reguladoras y productivas y con la apertura de las economías latinoamericanas al comercio y a la competitividad internacional.

Lo primero tuvo impacto directo sobre el financiamiento estatal de la investigación pero, sobre todo, fue fuente de orientación y legitimidad de la actividad, especialmente para el caso de los organismos sectoriales. La investigación universitaria reencontró su discurso legitimador en la importancia creciente que tiene para las nuevas tecnologías la investigación básica (fundamentalmente desarrollada en las universidades), o sea, lo que ha dado en llamarse la *cientización* de la tecnología y la innovación industrial. La apertura de la economía tiene un impacto equívoco sobre la demanda de investigación en ciencia y tecnología: por una parte, el supuesto de la competitividad exigiría a las empresas locales abastecerse de conocimientos nuevos, a fin de no quedar desplazados del concierto internacional o de encontrar nichos novedosos de mercado donde poder desempeñarse; por otra parte, la apertura obligaría a una homogeneización tecnológica mayor, por lo que la transferencia internacional de tecnología se convertiría en el instrumento clave del aumento de la competitividad. La internacionalización de las inversiones productivas, además, puede maniatar la innovación tecnológica de las subsidiarias locales a los descubrimientos y desarrollos ocurridos en los centros internacionales de investigación (Vacarezza, 1998: 18).

El movimiento de los estudios en CTS se origina en Europa por un lado, a partir de la confluencia de la sociología de la ciencia, que con un enfoque institucional desarrolló Merton a partir de los años treinta y por el otro, de la relación entre ciencia y poder puesta de relieve por Bernal en los mismos años, así como los postulados de Solla Price (1973), quienes reclamaban un enfoque interdisciplinario que postulaba una «ciencia de la ciencia».

En América Latina el origen de este movimiento se encuentra en la reflexión de la ciencia y la tecnología como una competencia de las políticas públicas. De tal forma, aún sin formar parte de una comunidad consciente identificada como CTS, se configuró como un pensamiento latinoamericano en política científica y tecnológica, sus principales fundadores son: en Argentina, el metalúrgico Jorge Sábato, el geólogo Amílcar Herrera y el matemático-físico Oscar Varsavsky, entre otros; en México, el economista Miguel Wionseck; en Uruguay, el ingeniero Máximo Halty-Carrére; en Perú, el ingeniero industrial Francisco Sagasti; en Chile, el economista Osvaldo Sunkel; en Brasil, el físico José Leite Lopes; y en Venezuela, el médico Marcel Roche, por mencionar sólo algunos.

Es en el contexto de dependencia que caracterizaba a los países latinoamericanos en los años sesenta y setenta, que surge lo que se denomina como pensamiento latinoamericano en

ciencia, tecnología y sociedad (Placts), que no se restringió a un país o a un conjunto de naciones sino que se extendió como una visión que procuraba el desarrollo de la región. Las nociones centrales de este pensamiento eran: la preocupación por el atraso de la ciencia y la tecnología —interpretada en un ámbito histórico-cultural sobre el desarrollo— y por la relación que debe guardar la ciencia y la tecnología con los problemas sociales; acoplar la infraestructura científico-tecnológica a la estructura productiva de la sociedad —la cual era una de las expresiones más claras de esta corriente de pensamiento—; desechar la versión de que el subdesarrollo era una etapa previa del desarrollo; considerar a la ciencia como una expresión relevante de la dependencia cultural; sostener que los problemas de la ciencia y tecnología no se resolvían mediante la transferencia de modelos institucionales y con los usos de los países desarrollados —como lo postulaban en aquella época los organismos internacionales— (Dagnino, R. *et ál.*, 1996: 21).

En su versión más radical el Placts llamaba al cambio revolucionario y en su versión menos contestataria exigía la adopción por parte del Estado de políticas que impulsaran las relaciones dinámicas entre los distintos actores pertenecientes a la sociedad, en este marco se formuló la idea del «Triángulo de Sábato» que tenía como objeto poner en alerta a América Latina sobre el papel crucial que desempeñaba la ciencia y la tecnología para el desarrollo y la armonía que tenía que existir entre los tres actores: gobierno, universidades y sectores productivos, los cuales constituían los tres ápices. El triángulo estaba orientado a la promoción del desarrollo tecnológico en nuestra región para salir de la dependencia y criticaba el modelo lineal de innovación mucho antes de que fuera cuestionado en los países desarrollados. Esta concepción antecedió por varias décadas a la ahora conocida «triple hélice»².

No obstante, si bien el Placts orientó la discusión sobre ciencia y tecnología, en los años ochenta su potencial explicativo fue disminuyendo debido a la pérdida de vigencia de la teoría de la dependencia en la que se apoyaban sus principales planteamientos.

² Revisar Etzkowitz, Henry (1994). Este autor explica que la «triple hélice» elabora un modelo que sostiene que para hacer posible el desarrollo tecnológico y, por ende, económico se requiere que los tres actores: academia, industria y gobierno, interactúen entre ellos de manera recurrente formando espirales con circuitos de retroalimentación, que los lleve del desarrollo de la investigación básica al desarrollo de productos y a la creación de nuevas líneas de investigación.

III.5.1. El pensamiento de Jorge Sábato

Jorge Sábato fue una de las figuras más destacadas entre quienes constituyeron el pensamiento latinoamericano. Formuló la idea de que uno de los motores del desarrollo radica en los vínculos entre el gobierno, la estructura productiva y las instituciones académicas. Construyó un modelo formado por tres aristas: infraestructura científico técnica, gobierno y estructura productiva, también conocido como Triángulo IGE o «Triángulo de Sábato». En dicho modelo, los vértices deberían interrelacionarse para generar un flujo de demandas y ofertas que condujera a la generación y utilización de conocimientos.

Sábato (1975) enfatizó la función de las empresas en el desarrollo tecnológico; en el contexto del pensamiento de la época, el cual reconocía en el gobierno la mayor capacidad para dar el impulso inicial para la movilización de los restantes actores. Planteó, además, en forma novedosa, que la tecnología es una mercancía y que, como tal, se produce y comercializa en el sistema económico. En un momento en el que las ideas desarrollistas aún tenían fuerza concibió a los laboratorios de I+D de las empresas como «fábricas de tecnología» productoras de ese bien y propuso estrategias para estimularlas.

Definió la tecnología como el conjunto ordenado de conocimientos utilizados en la producción y comercialización de bienes y servicios. En oposición a los enfoques más tradicionales que centraban las políticas en la materia sobre el binomio ciencia y tecnología, elevando el protagonismo de los conocimientos científicos, Sábato destacó que los saberes que la componen no provienen solamente del ámbito científico sino que también cuenta con elementos aportados por la experiencia empírica.

Además de su valor de mercado, señaló que la tecnología tiene un valor estratégico, dado que hay países y empresas que la poseen y otros que no, generándose así una situación de dependencia para éstos últimos que hace necesario lograr la provisión de este insumo central. En tal sentido, este autor recomendaba, como instrumento para resistir la dependencia, la implementación de programas de I+D cuyo objeto fuera la «creación, propagación y aplicación de conocimientos científicos», junto a otras medidas destinadas a «abrir el paquete» de la tecnología para comprar mejor cuando fuera necesario hacerlo y para reconocer aquellos conocimientos generados por la experiencia de la práctica productiva e incorporarlos en la cultura industrial local.

Como las empresas suelen tener sus propios laboratorios de I+D, Sábato las consideraba como verdaderas fábricas de tecnología que trabajan a partir de conocimientos científicos básicos o aplicados —ya sean desarrollados internamente o adquiridos— que puedan ser utilizados en el proceso productivo. Mientras que los laboratorios de investigación laboran con una dinámica de adquirir conocimientos, las «fábricas» lo hacen para generar tecnologías aplicables y no sólo conocimiento, por relevante que éste sea. La frecuente confusión acerca de los objetivos fijados puede producir desilusión y falta de incentivos, tanto para los investigadores académicos como para el personal de I+D de las empresas.

Siguiendo con este autor, las fábricas de tecnología nacieron en los países industrialmente avanzados en el siglo XIX, pero fue a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando se constató la enorme importancia de la I+D para el avance tecnológico, sobre todo debido al éxito del Proyecto Manhattan en el desarrollo de la bomba atómica. Así fue que se produjo una toma general de conciencia y creció el apoyo público y privado a la I+D: «pocos dogmas han permeado la industria de EE. UU. tan rápida y profundamente como la idea de que la investigación es indispensable» (1975: 17).

Según Sábato, hay una serie de cuestiones económico financieras, industriales y comerciales que hacen difícil saber con exactitud cómo encarar el proceso de I+D, cómo evaluarlo e implementarlo, cuánto y cómo invertir en él y cómo articular las partes que lo componen. Por lo tanto, recomendaba tener en cuenta que no existe una estrategia segura que garantice el éxito en una materia tan compleja y que depende principalmente de la creatividad y capacidad de los científicos y técnicos involucrados en el proceso; éstos deben sentir que la empresa respeta sus valores para motivarse e interesarse por las tareas que realizan. No obstante, en contra de esto frecuentemente juega la burocratización que, en consecuencia, debería ser evitada mediante la adopción de esquemas de organización tendientes a la horizontalidad y la relativa autonomía del ámbito de la investigación.

El desarrollo científico y tecnológico de un país requiere de una suficiente calidad y cantidad de conocimientos en ciencia y técnicas, y saber utilizarlos para la producción y comercialización de bienes y servicios. Sábato trató de demostrar que las empresas del Estado son el medio más idóneo para poner en marcha tal proceso. Pese a todo, las grandes empresas públicas (ESP) latinoamericanas poseían en su opinión un peso relevante en las economías nacionales y actuaban en sectores clave y tecnológicamente pujantes, al amparo de los Estados. Por lo tanto, sostenía que las políticas en ciencia y técnica deberían tomarlas como la base de

un desarrollo científico y tecnológico sostenido, para poder desencadenar un proceso global. Las ventajas de las ESP se derivaban, entre otras cosas, de su tamaño apto para el desarrollo tecnológico propio, la dinámica de los sectores económicos en los que operaban, su efecto multiplicador y «de demostración» así como su posibilidad de conectar los vértices IGE sin trabas. Sin embargo, reconocía que las ESP también presentaban desventajas para generar triángulos: los constantes cambios de políticas y de directivos, el conservadurismo, la burocratización y la escasa flexibilidad, entre los más frecuentes.

El programa de I+D debe ser autónomo de los mandos de producción y ventas para salvaguardar la creatividad de sus miembros, promoviendo un tipo de organización más flexible y horizontal. La I+D debe interrelacionarse con el sector de control de calidad, ya que se retroalimentan. El programa de I+D debe conectarse con los proveedores de las ESP para que conjuntamente puedan superarse los errores en los insumos existentes y desarrollarse otros nuevos. El programa debe indagar tanto en la investigación aplicada como en la básica, ya que no puede decidirse a priori qué tipo de saber será aprovechable. Las trabas al proceso de desarrollo surgían de los errores de cada vértice, ya que según su crudo diagnóstico I tiende a separarse de la realidad nacional sin preocuparse por los problemas del país. Además de que las mayores empresas de E son internacionales y adoptan las tecnologías instaladas por sus centrales, mientras que las empresas nacionales medianas y pequeñas no poseen las condiciones mínimas para la aplicación de un proceso de desarrollo científico y tecnológico. Y, finalmente, G está cruzado por una serie de crisis institucionales, por lo que no define su papel en este proceso pese a tener una responsabilidad mayor que la de I y E, al definir las políticas, poseer casi toda la I y dada su enorme influencia sobre E (Sábato, 1975). De este diagnóstico surgía, por contraste, un verdadero programa en donde la política de desarrollo tecnológico debía estar dirigida a fortalecer las: interrelaciones de los vértices, intrarrelaciones de los actores de cada vértice y extrarrelaciones del conjunto con la sociedad.

Por otra parte, para Halty-Carrére (1986) la tecnología debe ser considerada como un instrumento para el desarrollo, el cual, a su vez, constituye una variable que debe ser impulsada. En consecuencia, el desarrollo tecnológico tendría que ser concebido como un objetivo intermedio a ser alcanzado en el proceso económico y social y constituye en esencia una capacidad básica para tomar e instrumentar decisiones. El principal factor negativo, en tal sentido, estaría constituido por la dependencia de los países de la región.

La industrialización de los países en vía de desarrollo tiende a conllevar una dependencia tecnológica creciente con respecto a las fuentes extranjeras. El desarrollo tecnológico puede ser considerado como un proceso continuo que incluye las etapas de generación (investigación), difusión (transferencia de tecnología) y aplicación (innovación técnica) del conocimiento. Sólo tiene lugar cuando las tres etapas se desarrollan y vinculan armoniosamente (Halty-Carrére, 1986: 30-32).

Una política de desarrollo tecnológico tiene, en la visión de Máximo Halty-Carrére, dos componentes: la promoción de la capacidad nacional para la producción, disseminación y aplicación de tecnologías; y la orientación y el control selectivo de la transferencia de tecnología. Esto requiere la combinación de la capacidad científica, tecnológica y de innovación y de un proceso organizado de importación de tecnología que vaya más allá de los enfoques tradicionales centrados en la ciencia.

En este sentido, una estrategia de desarrollo tecnológico debe evaluarse con criterios políticos, económicos, sociales y, de acuerdo con las prioridades de la sociedad, debe estar incluida en la estrategia global del país. Siguiendo con Halty-Carrére, sus cuatro elementos principales son: promover la utilización de la oferta tecnológica propia; regular el flujo de importaciones de tecnología; balancear el uso de ambos componentes para que se incorpore más tecnología propia a la mezcla; y promover y coordinar la demanda de cambio tecnológico.

Por esta situación de poca presión inicial para innovar se establecen fácilmente los círculos viciosos del subdesarrollo. Estos son: falta de demanda de cambio técnico, falta de oferta interna de conocimientos técnicos, mayor orientación hacia la tecnología extranjera para satisfacer los aumentos de la demanda, marginalización del sistema nacional de ciencia y tecnología (el proceso de adquirir tecnologías flanquea el sistema), falta de oferta interna adecuada. Una estrategia de desarrollo tecnológico debe establecer un proceso equilibrado y convertir los círculos viciosos de subdesarrollo tecnológico en espirales viciosas: mayor demanda de cambio técnico; cada vez mayor oferta efectiva de tecnología nacional; aumento de la demanda de tecnologías nacionales y extranjeras, y así sucesivamente (1986: 39).

La industrialización hace crecer la demanda tecnológica, la cual suele cubrirse importando tecnologías lo que genera el desplazamiento de las capacidades propias. Esto tiene como efecto

que los países en desarrollo exporten bienes de baja intensidad tecnológica e importen bienes de alta intensidad; el nivel de industrialización no es bajo, pero sí lo es el de «tecnologización». Por último, en este proceso concurren factores limitantes internos: debilidad de la infraestructura de ciencia y tecnología y falta de uso de sus capacidades, fallas en el proceso político de toma de decisiones; y externos: financiamiento desde el exterior, inversión externa, vínculos de la elite científica con el contexto mundial, demanda desde un sector que tiende a vincularse con las fuentes extranjeras.

En una era tecnológica, dicha dependencia (la tecnológica) resulta en dependencia política y económica y en la permanencia de los círculos viciosos de subdesarrollo. Desarrollo económico significa no solamente la acumulación de bienes y servicios sino también la capacidad para producirlos. La tecnología provee esencialmente esa capacidad. A menos que los países en vía de desarrollo establezcan una capacidad tecnológica, no podrán dominar su futuro (Halty-Carrére, 1986: 49).

En síntesis, la importancia del pensamiento del Triángulo de Sábato radica en que fue una visión autónoma de la región con un fuerte contenido social en sus planteamientos para el desarrollo de la ciencia y la tecnología y, por lo tanto, centraba la discusión en la relación entre ciencia, tecnología y sociedad y no específicamente en los sectores productivos, en los cuales se ha enfatizado a partir de los años noventa, como veremos más adelante.

III.6. El modelo difundido por la Organización de los Estados Americanos

Con muy poco retraso en el tiempo, con relación a los países industrializados, América Latina llevó a cabo esfuerzos tendientes a institucionalizar el sistema científico y tecnológico. Con este fin, muchos países latinoamericanos crearon, a partir de la década de los cincuenta del siglo XX, instituciones destinadas a la formulación de políticas científicas y tecnológicas, la planeación y la promoción de la ciencia y la tecnología. Aquellas acciones, que recibieron un gran impulso en la siguiente década, fueron en algunos aspectos discontinuas y contradictorias, pero en otros exhibieron una notable continuidad debido a que, en general, fueron diseñadas siguiendo las

pautas organizativas y la concepción general acerca de los procesos de producción y aplicación de conocimientos que difundió activamente la Organización de Estados Americanos (OEA).

En los primeros años de los sesenta, los países americanos tomaron nota de la necesidad de incluir acciones de apoyo a la ciencia y la tecnología en el marco de la cooperación hemisférica. La preocupación incluía la necesidad de desarrollar metodologías para la planificación de la política científica y tecnológica. La perspectiva dominante vinculaba la ciencia y la tecnología con la planificación del desarrollo. Este punto de vista quedó claramente expresado en la Declaración de los Presidentes de América, surgida de la reunión de Punta del Este en 1967. En ella se afirma que el esfuerzo en ciencia y tecnología necesita un impulso sin precedentes dada la magnitud de las inversiones requeridas y el nivel alcanzado por esos conocimientos, del mismo modo, su organización y realización en cada nación no puede formularse al margen de una política científica y tecnológica debidamente planificada dentro del marco general del desarrollo.

La Secretaría General de la OEA se preparó para responder a tal mandato y en 1968 creó el Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico (PRDCyT), el cual dependía del Consejo Interamericano Cultural. El PRDCyT perseguía los siguientes objetivos: reforzar la infraestructura científica y técnica de los países miembros; desarrollar la capacidad de crear tecnologías propias y adaptarlas a las condiciones de la región; lograr un grado suficiente de autonomía científica y técnica; y promover la integración científica y técnica latinoamericana al servicio del desarrollo económico de los pueblos. Mientras que sus postulados básicos de operación eran: la multilateralidad, la complementariedad de las acciones ejecutadas por los países, la movilización de los recursos internos, el fortalecimiento de las actividades científicas y tecnológicas, el apoyo a la investigación pura y aplicada y la integración de las actividades científicas y tecnológicas en el proceso de desarrollo económico y social de las naciones latinoamericanas (Albornoz, 1997).

Dos años después, en 1970, el Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura (CIECC) recomendó la realización de la Conferencia especializada sobre la aplicación de la ciencia y la tecnología al desarrollo en América Latina (Cactal), la cual se llevó a cabo en Brasilia, en mayo de 1972, y tuvo el propósito de explorar la relación de interdependencia entre la ciencia, la tecnología y el desarrollo en el contexto latinoamericano. Los acuerdos alcanzados en la Cactal se expresaron en *El consenso de Brasilia*, en el que se puso de manifiesto una cierta toma de conciencia por parte de los gobiernos latinoamericanos acerca de la importancia

estratégica del conocimiento científico y tecnológico. En la presentación de dicho documento se reconocía que en los años sesenta América Latina se caracterizó por una planificación económica y social que no consideró explícitamente las contribuciones potenciales que se podrían lograr a partir de un esfuerzo organizado en ciencia y tecnología.

Finalmente, de la Cactal surgió un grupo de trabajo integrado por expertos de la región que elaboró el primer Plan Integrado de Ciencia y Tecnología para América Latina (Planicyt).

III.7. Crítica a los modelos tradicionales

En 1995, Martin Bell, especialista en política tecnológica de la Universidad de Sussex, formuló una crítica a la política científica y tecnológica de los países latinoamericanos en la que postulaba que estas naciones afrontaban los desafíos de los noventa con esquemas conceptuales e instituciones propios de los sesenta y setenta. Efectivamente, en aquellas décadas se constituyó el conglomerado ideológico, conceptual e institucional de estas políticas en la mayor parte de los países de la región; se conformó la estructura institucional de la política científica y tecnológica, fundamentalmente por medio de la creación de consejos cuya naturaleza era afín a la investigación básica; se desarrolló el esquema intelectual plasmado en el pensamiento latinoamericano en ciencia y tecnología; se desplegó el papel preponderante de los organismos del sistema de la ONU —UNESCO difundía los enfoques de planificación centralizada— y la OEA, así como las experiencias del sector público —estudios referidos a la propia situación—.

Con las diferencias propias de cada nación, la política científica y tecnológica de los países latinoamericanos tuvo muchos rasgos en común: identificaba la política en ciencia y tecnología con la política de investigación científica; los organismos centrales fueron creados a imagen y semejanza unos de otros; las empresas eran vistas sólo como usuarios; y predominó la tendencia hacia la conformación de un sistema centralizado.

En este contexto, Bell planteó la necesidad de un nuevo enfoque que actualizara las políticas latinoamericanas en esta materia en razón de sus rasgos negativos, de los cuales los más importantes serían: desconexión del sistema de ciencia y tecnología con respecto al resto de los sectores y de las políticas científica y tecnológica en relación a las restantes políticas públicas; vínculo muy débil con las empresas productivas, a las que en el mejor de los casos se

consideraba como «usuarios»; autismo, que paradójicamente es la contracara de la centralización; y que el sistema de educación superior brinda capacitación poco vinculada con los patrones de empleo.

Actualmente, existen dos circunstancias que favorecen, en su opinión, la posibilidad de elaborar un nuevo enfoque: una mejor comprensión de los procesos de innovación y difusión del conocimiento científico y tecnológico en la sociedad; y que el cambio tecnológico acelerado suscita en todo el mundo la necesidad de nuevas políticas y transformaciones básicas en las estructuras institucionales y produce procesos de revisión de los esquemas intelectuales.

Los enfoques teóricos de los años sesenta y setenta sostenían una visión del cambio tecnológico como un proceso intermitente, en el contexto de una concepción del crecimiento económico basada en modelos de grandes inversiones y una teoría sustentada en el modelo lineal de innovación. El primer aspecto hace referencia a las estrategias de desarrollo que apoyaban su confianza en las inversiones en bloque y la compra de activos físicos con características técnicas fijas, desconociendo el cambio tecnológico posterior. El segundo aspecto contemplaba el proceso como un conjunto de innovaciones individuales e intermitentes, asociadas a las inversiones, que no tomaban en consideración la trayectoria tecnológica de las firmas ni su proceso de aprendizaje. Los usuarios del conocimiento tecnológico —las empresas— desempeñaban así un papel pasivo. Desde ambas perspectivas se separaban las fases tecnológicamente creativas, que eran previas a la inversión y casi siempre se producían en los países desarrollados de donde se importaban el conocimiento y las fases de difusión local, a las que Bell califica como estáticas (Martín Bell, 1995).

A partir de los años ochenta, se desarrolló una nueva visión del cambio tecnológico como un modelo continuo. La difusión de innovaciones no implica ya la adopción y uso de productos y procesos tecnológicamente fijos sino que, por el contrario, entraña dos etapas: a) los rasgos prominentes de la tecnología van cambiando en un proceso de sucesivos periodos de adopción, lo que configura determinadas trayectorias tecnológicas de las empresas; b) el cambio tecnológico puede continuar por medio de cada empresa adoptante. Se trata de «curvas de aprendizaje» que son una transformación que conduce a modificaciones en el perfil de las tecnologías y enriquecen el capital tecnológico de las empresas. Estos dos tipos de cambio técnico continuo están muy extendidos y caracterizan a la industria tecnológicamente dinámica, tanto en los países desarrollados como en los no desarrollados. Martin Bell los describía como «senderos de cambio continuo».

Sin embargo, en los años ochenta la atención se centró más en las trayectorias tecnológicas que en las innovaciones individuales. Esta renovación no ocurrió por azar sino que surgió en el contexto de una modificación objetiva: la base tecnológica de la competitividad desde los ochenta en adelante es muy distinta a la de los años sesenta y setenta, debido al cambio en la estructura entera de la tecnología subyacente en las empresas por medio de transformaciones radicales en la tecnología, la intensificación de las formas de cambio o por una combinación de ambos elementos.

Las tecnologías emergentes —fundamentalmente la electrónica y las tecnologías de la información— y la innovación provocaron cambios en los procesos productivos, generalmente tendientes a incrementar la productividad y también los productos. Por una parte, se redujeron las brechas de tiempo entre discontinuidades tecnológicas y se acortó la vida útil y el período de gestación de productos radicalmente nuevos. Por otra parte, se amplió la diferenciación entre éstos.

Las tecnologías de electrónica (TE) y de información (TI) poseen varios rasgos que explican su enorme capacidad de penetración y cambio en todos los procesos productivos: requieren en mayor medida que en otras épocas de la participación de los usuarios; tanto una como la otra no son sólo áreas tecnológicamente cambiantes sino instrumentos para generar innovaciones y cambio tecnológico en todos los sectores; son exportadoras de innovación; su dinámica acelera la generación de nuevos conocimientos; ayudan a adquirir el conocimiento ya existente; y crean nuevas configuraciones de tecnología.

A partir de los noventa, la política científica y tecnológica, en opinión de Martin Bell, no puede ignorar los procesos de transformación mencionados. Para contribuir al diseño de nuevas formas de política en esta materia, plantea la necesidad de distinguir entre dos tipos diferentes de capacidades: de producción, se refiere a la capacidad instalada y la suma de recursos necesarios para producir bienes y servicios; y tecnológica, la cual consiste en la aptitud para administrar el flujo del cambio en esta materia. Esta capacidad tiene que ver más con los diversos tipos de ingeniería —diseño, proyecto, producción, proceso—, que con la I+D. También es fundamental, en este aspecto, la calidad de la formación técnica de las personas involucradas en la producción, así como el acceso a la información y la disponibilidad de servicios.

Desde esta nueva perspectiva, las instituciones necesarias para producir cambios en la tecnología son, en primer lugar, las propias empresas y no las instituciones especializadas

ubicadas fuera de las industrias. Las empresas se encuentran en el centro de la estructura organizacional para el cambio tecnológico y uno de los elementos de mayor importancia para la capacidad tecnológica es el establecimiento de sólidos vínculos entre ellas; es decir, la conformación de redes. El desplazamiento del centro afecta también al sistema educativo, ya que parte de la capacidad de crear capital humano debería organizarse dentro de las empresas y no dejar todo en manos de las instituciones de educación y capacitación.

Siguiendo con Bell, en los sesenta se creía que la tecnología era información o mercancía. Desde la década de los noventa se comprende que es compleja y que parte de ella es tácita —difícil de transmitir— y parte específica de ciertas empresas y mercados. Además, una porción del cambio tecnológico no lo generan las empresas en forma individual sino mediante su asociación con otros actores —proveedores, clientes, empresas competidoras y complementarias—. Por ello, en los países industrializados la mayor parte de los gastos de I+D son asumidos por éstas.

No obstante, la teoría del desarrollo económico, en su versión más destacada, no fue capaz, pese a haberlo intentado, de generar una perspectiva que articulara suficientemente los aspectos sociales y económicos de los países de América Latina y diera cuenta de estas dimensiones para explicar trayectorias diferentes en los caminos hacia el desarrollo. Esta afirmación es especialmente válida para explicar los diversos rumbos del desarrollo científico y tecnológico.

III.8. El modelo mundial latinoamericano y la respuesta al Club de Roma

La idea del modelo mundial latinoamericano surgió en 1970, en Río de Janeiro, con el fin de rebatir el informe del Club de Roma —conocido como *Limits to Growth*— y proponer un modelo sobre supuestos distintos. Esta tarea le fue encomendada a la Fundación Bariloche. El modelo impulsado por el Club de Roma fue un análisis destinado a mostrar los límites del crecimiento impuestos por el ambiente físico. Su hipótesis central era que el crecimiento exponencial de la población y del consumo habría de producir una «catástrofe» a mitad del siglo XXI, aproximadamente, dependiendo de diversos supuestos sobre el comportamiento de la humanidad y la existencia de recursos. El agotamiento de los recursos naturales no renovables y la contaminación ambiental llevaría, de no corregirse las tendencias, al colapso del

ecosistema. La solución a la catástrofe propuesta por el informe del Club de Roma era fundamentalmente el control del crecimiento de la población y, complementariamente, el control de la contaminación y el uso racional de los recursos.

El modelo mundial latinoamericano partió de un supuesto antagónico: afirmaba que los problemas más importantes que afronta el mundo moderno no son físicos sino sociales y políticos, y están basados en la desigual distribución del poder en el mundo, tanto en el plano internacional como dentro de los países. En consecuencia, no pretendió predecir tendencias a partir de la realidad sino proponer una meta final, un escenario deseado o imagen de una sociedad ideal. A partir de esta imagen desarrolló un modelo matemático de simulación que pretendió mostrar que los recursos no eran el problema y que, a partir de las condiciones dadas, los diferentes países o regiones del mundo, especialmente los más pobres, podían alcanzar la meta propuesta en un plazo razonable.

El modelo matemático, por medio de diversas corridas, demostró que si se aplicaran las políticas propuestas toda la humanidad podría alcanzar niveles aceptables de bienestar en un plazo de algo más de una generación, con prácticamente ninguna limitación física. El modelo mundial latinoamericano tuvo un propósito ideológico y normativo: el de discutir los supuestos del *Limits to Growth* acerca de la existencia y uso de los recursos naturales y de las tendencias de la contaminación. Objetaba que el concepto de reservas no reflejaba la riqueza del mundo sino sólo los recursos conocidos hasta la fecha. Con respecto a la escasez aguda de recursos que anticipaba el informe del Club de Roma, se argumentaba que el modelo de sociedad propuesta garantizaba que no habría peligro de una catástrofe ecológica. Sobre los supuestos presentados más arriba y la demostración de que no hay límites físicos absolutos al desarrollo de la humanidad, el modelo se propuso mostrar la viabilidad de la sociedad ideal a partir de los recursos naturales existentes, pero suponiendo que se produjeran los cambios sociales y políticos requeridos. Además de su valor intrínseco, el modelo creó una escuela de técnicos que se expandieron por toda América Latina. Y en particular, inspiró la creación de un modelo económico de simulación a largo plazo, el cual fue adoptado por la ONU. Asimismo, sirvió para el desarrollo de modelos de planificación más duraderos y para la formación de técnicos (Albornoz, 1997).

III.9. El Proyecto Prospectiva Tecnológica para América Latina

Una suerte de reedición del modelo mundial latinoamericano fue el Proyecto Prospectiva Tecnológica para América Latina (PTAL), puesto en marcha en 1983, bajo la dirección de Amílcar Herrera. Esta vez la sede fue el núcleo de política científica y tecnológica del Instituto de Geociencias de la Universidad Estadual de Campinas y participaron en él varios centros latinoamericanos. Al igual que en el Club de Roma, se definió una sociedad ideal: igualitaria, participativa, autónoma —no autárquica—, con tiempo libre para las actividades creativas, sobria e intrínsecamente compatible con el medio ambiente físico. Sin embargo, desde el punto de vista metodológico, el proyecto PTAL se diferenció del modelo mundial latinoamericano, y que mientras aquél se basaba en la simulación, éste trabajó con escenarios construidos sobre cierto número de variables fundamentales, tanto internas como externas. También se consideraron factores de transformación, tales como las tendencias pesadas del presente y los gérmenes del futuro, las nuevas tecnologías y los movimientos sociales emergentes.

Dentro de la estrategia científica y tecnológica, PTAL dedicó una gran cantidad de esfuerzos al análisis de los impactos y las posibilidades de los desarrollos en las nuevas tecnologías, la informática, la biotecnología y los materiales inéditos, principalmente. Para ello, se establecieron los lineamientos de las políticas científicas y tecnológicas en cada una de las áreas (Dagnino, R. *et ál.*, 1996). Sin embargo, ambos estudios fracasaron en su valor predictivo en razón de sus pretensiones de abarcar la totalidad política, económica y social, sus propósitos de naturaleza ideológica y la insuficiente información.

Podemos ver que en comparación, entre las décadas de los setenta y noventa, hay cambios que vale la pena destacar: el pensamiento de los setenta fue cultivado principalmente por científicos naturales que reflexionaron sobre su actividad, al tiempo que comprometieron su esfuerzo en acciones de intervención en los campos de las políticas y de gestión de ciencia y tecnología. Mientras que en los noventa, el campo está, en gran medida, en manos de científicos sociales —economistas, sociólogos, historiadores, filósofos, psicólogos, etc.—, quienes han elegido la ciencia y la tecnología como campo de especialización. La versión de los años setenta se postuló como un pensamiento autónomo y original de la región, sustentado en el concepto de dependencia y adaptando la noción internacionalmente hegemónica del sistema a la realidad social de la ciencia, la tecnología y el Estado latinoamericano. Y a su vez, el discurso en los noventa de la política científica y tecnológica se enmarcó en nuevos parámetros

que, por un lado, reflejan el cambio en las relaciones internacionales y, por el otro, asumen nociones elaboradas en los países desarrollados.

Un cambio evidente se puede observar en el rol que ha desempeñado el Estado respecto a la ciencia y la tecnología: papeles como los de productor de conocimientos, consumidor de éstos —proyectos y empresas públicas—, regulador de funciones —transferencia de tecnología— y aún el de financiador, aparecen desdibujados en la década de los noventa. En la escena en que se despliega la inserción de la ciencia y la tecnología en la sociedad actual, los actores principales son las empresas y, en una función dependiente de éstas, la comunidad científica o las instituciones de investigación como las universidades. El Estado se mantiene en un segundo plano como facilitador de vínculos, divulgador de experiencias, organizador de información y de transparencia del mercado de conocimientos.

Otra diferencia fundamental es que el pensamiento latinoamericano en política de ciencia y tecnología de los años setenta se ordenaba en torno a la construcción de proyectos nacionales de desarrollo —elección de estilos de desarrollo, modelos de sociedad-objetivo—, mientras que el pensamiento de los noventa se limita a promover la competitividad internacional de las unidades productivas³.

Para concluir, podemos señalar que el Placts, organismos como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), la OEA inicialmente, la UNESCO y diversos proyectos y núcleos universitarios contribuyeron a crear marcos conceptuales y estrategias para el desarrollo científico en América Latina; sin embargo, y desafortunadamente, en la mayoría de los casos no tuvieron una traducción práctica en las políticas implementadas en los países de la región.

³ Estas diferencias se abordarán de manera más clara en los siguientes capítulos y, específicamente, se analizarán en el caso de México.

IV. Ciencia, tecnología e innovación en el desarrollo de América Latina

La ciencia, a pesar de sus progresos increíbles, no puede ni podrá nunca explicarlo todo. Cada vez ganará nuevas zonas a lo que hoy parece inexplicable. Pero las rayas fronterizas del saber, por muy lejos que se eleven, tendrán siempre delante un infinito mundo de misterio.

GREGORIO MARAÑÓN

En este capítulo se revisan brevemente la relación del concepto de desarrollo con las actividades científicas y tecnológicas de un país, así como la importancia de los conceptos de innovación y Sistema Nacional de Innovación en los que actualmente se hace énfasis para la formulación de las políticas en ciencia y tecnología.

IV.1. Desarrollo

En los países denominados subdesarrollados, y a pesar de que muchos contaron con grandes civilizaciones que dejaron como herencia los comienzos de la ciencia misma, no se han presentado las condiciones adecuadas para permitir el desarrollo de la ciencia como en los países desarrollados.

Sunkel (1967) reconoció la naturaleza compleja del problema y planteó una definición integral del subdesarrollo económico.

La problemática del subdesarrollo económico consiste en ese conjunto complejo e interrelacionado de fenómenos que se traducen y expresan en desigualdades flagrantes de riqueza y de pobreza, en estancamiento, en retraso respecto de otros países, en potencialidades productivas desaprovechadas, en dependencia económica, cultural, política y tecnológica (1967: 23).

En América Latina lo que se tiene que hacer es determinar qué tipo de investigaciones pueden llegar a ser económicamente útiles en cada uno de los países, de qué índole y qué cantidad de

disciplinas deben utilizarse en la instrucción de diferentes tipos de expertos en cada uno de los campos necesarios.

La creatividad científica no es independiente del marco socioeconómico en que está inserta; por el contrario, la investigación científica y tecnológica requiere recursos de tal magnitud y complejidad que sólo el conjunto de la sociedad, el Estado y los grandes medios de producción pueden proporcionar; es decir, la creación científica moderna es un esfuerzo de todos los actores nacionales.

Los obstáculos que afronta nuestra región para que la ciencia, así como otras disciplinas progresen, son la resistencia al cambio de los sectores que se benefician del statu quo y que ven en toda actividad intelectual potencialmente transformadora de la realidad un peligro para sus intereses y el carácter dependiente de nuestros países, lo que hace muy difícil cualquier labor creadora realmente autónoma (Herrera, 1970).

Las alternativas para la creación de ciencia y tecnología propias de alto nivel siguen discutiéndose en los círculos políticos y económicos de Latinoamérica. Para Sunkel el desarrollo implica un proceso profundo y, por ello, lo define de la siguiente manera:

Proceso de cambio social, se refiere a un proceso deliberado que persigue como finalidad última la igualación de las oportunidades sociales, políticas y económicas, tanto en el plano nacional como en relación con sociedades con patrones más elevados de bienestar material [...] La posición adoptada implica, en consecuencia, la necesidad de examinar y de buscar en la propia realidad latinoamericana y en la influencia que ésta sufre por el hecho de coexistir con sociedades desarrolladas, el proyecto de nación y las formas de organización que habrán de satisfacer las aspiraciones de sus grupos en nombre de los cuales se realiza la tarea de desarrollo (1967: 25).

Renunciar a la creación científica, una de las manifestaciones básicas de la voluntad creadora de una sociedad, para convertirse en meros apéndices intelectuales de los países adelantados, es renunciar a la posibilidad misma del desarrollo. Por otra parte, la suposición de que el mero trasplante de tecnologías provenientes de los países desarrollados puede resolver los problemas materiales del subdesarrollo, aún a costa de la subordinación intelectual, es errónea, basta examinar la experiencia ya existente. Acertadamente Urquidí (1970) señala que a pesar de que América Latina ha estado importando tecnología por más de 450 años, aún ahora los oasis de modernismo tecnológico se destacan en un vasto desierto de atraso e ignorancia. Esto no

significa que no sea posible usar el conocimiento tecnológico y científico disponible en los países desarrollados, todas las naciones del mundo utilizan para su progreso los resultados de la actividad científica que se realiza fuera de las fronteras nacionales. Lo que importa es que el traspaso eficiente de tecnologías sólo se puede efectuar si el país recipiente ha alcanzado también un suficiente grado de desarrollo científico¹.

No se trata simplemente lograr que haya actividad científica, ya que ésta existe; se trata más bien de saber aprovechar los cambios ocurridos en las revoluciones tecnológicas, tal como lo explica Carlota Pérez: para que la ciencia se traduzca en un mayor bienestar de la sociedad, y que a su vez repercuta sobre la actividad científica, es indispensable estimularla. Este es el proceso que hoy permite a los países desarrollados incrementar su bienestar a un ritmo nunca igualado en la historia. Como ya se ha dicho a lo largo de la presente investigación: la ciencia y la tecnología son elementos esenciales del desarrollo, pero no pueden producirse aislados independientemente de los factores económicos, políticos y sociales que condicionan una comunidad; ya que entre otras razones responden a demandas específicas de la sociedad que se expresan por medio de algún orden institucional y de las acciones de las élites en el poder.

IV.2. Innovación

Hemos visto que la ciencia se refiere a la búsqueda de conocimiento basada en hechos observables, el objetivo de los científicos consiste en la creación de nueva información para su posterior difusión de manera libre por medios especializados. Por un lado, el concepto de tecnología se refiere a la aplicación del nuevo conocimiento obtenido por medio de la ciencia para la solución de un problema práctico; el objetivo de los tecnólogos, por otro lado, consiste en solucionar un problema o satisfacer una necesidad práctica por medio de la introducción de un producto en el mercado que genere ganancias. Feldman (2002) se refiere al cambio tecnológico como el proceso por medio del cual el nuevo conocimiento es difundido y aplicado en la economía.

Ahora veremos por qué los conceptos de invención e innovación están íntimamente relacionados con los de ciencia y tecnología. La invención se refiere a la creación de algo, un

¹ Sobre este tema consultar a Halty-Carrére, Máximo (1986).

producto o un proceso nuevo, mientras que innovación se refiere a la aplicación práctica y difusión en el mercado de una invención; las innovaciones pueden comprender nuevos productos, procesos o formas de organizar la actividad productiva, los cuales, además de ser novedosos, agregan valor a la actividad económica. Para Feldman el concepto de invención es un paralelo del concepto de ciencia, mientras que el concepto de innovación es un paralelo del concepto de tecnología.

De esta forma, el desarrollo económico y social de un país se relaciona con los descubrimientos científicos y su subsecuente aplicación en la generación de tecnología por medio de varios efectos: estimulan incrementos en la productividad, con lo cual se genera crecimiento económico y mejores niveles de ingresos, que en su conjunto producen bienestar humano. Por medio de las innovaciones en áreas estratégicas como la salud, educación, agricultura, energía, transporte, etc., es posible contribuir a reducir los niveles de pobreza e incrementar las capacidades humanas. Es fundamental el cambio tecnológico para producir acumulación de capital; con los nuevos procesos se da un incremento en la producción por unidad de insumo, mientras que los nuevos productos crean mercados y proporcionan mayores oportunidades para el crecimiento de la producción.

Innovar sirve para solucionar problemas actuales o imaginados, percibidos o no por primera vez, planteados por potenciales usuarios de la innovación o por los que la están diseñando; de alcance mundial y genérico o local y específico. Así la capacidad de innovación deja de ser un concepto asociado a países y empresas que constituyen hoy el núcleo duro de los impulsos a las transformaciones tecnoproductivas, para incluir, literalmente, a todo el mundo (Sutz, 1997: 184).

Uno de los problemas que se presentan es que el impacto económico, local e internacional, de las diversas capacidades de innovación es desigual, tanto, que tiende a desdibujar el hecho de que éstas existen en todas partes. Se debe reivindicar la idea de que en América Latina hay capacidades de innovación que son diversas, plurales, algunas parecidas, otras distintas a las que existen en otros lugares; es necesario aprender a reconocer en donde están —y bajo la modalidad que sea— estas capacidades, eso es un paso imprescindible para ayudarlas a madurar, desarrollarse e interactuar con los factores que puedan potenciar sus posibles impactos.

La estrategia *seguidor inteligente*, que toma lo absolutamente nuevo generado en otra parte y lo trabaja hasta ofrecer un producto que rápidamente se transforma en líder de mercado, es sin duda innovadora, ese producto no existía antes de que el seguidor lo creara. Japón es señalado como ejemplo de esta estrategia (Sutz, 1997: 183).

Existen varios elementos que tienen que estar presentes para la innovación, el primero tiene que ver con la sustentabilidad en el sentido de autorreproducción permanente de los fenómenos innovadores. Esta faceta la integran tres elementos. En primer lugar, podemos señalar lo que Rosenberg (1979) denomina las «convergencias» y los «desequilibrios» tecnológicos, las primeras consisten en las soluciones a problemas específicos que resultan aplicables a contextos algo o muy diferentes de aquél en el que se planteó el problema inicial. Los segundos consisten en las espirales innovadoras derivadas de las oportunidades abiertas por las soluciones encontradas pero no materializables, a menos que nuevos problemas sean resueltos; este elemento está relacionado con la existencia de una sintonía entre la innovación y las necesidades, deseos o expectativas de la población. El tercer elemento es el nivel de interacción entre producción y ciencia; los países desarrollados y aquellos que habitualmente se admite que están en proceso de hacerlo forman un grupo que tiene entre sus señales de identidad un gasto porcentual en I+D con relación a su PIB ubicado, como mínimo, alrededor del 2%. Además, ese gasto es asumido en mayor proporción por las unidades productivas que por lo general dan cuenta de más del 60%, siempre que se excluya el financiamiento público de origen militar (OCDE, 1992 y 1996).

En los países altamente industrializados vemos que la respuesta que permite entender la utilidad de la ciencia para el proceso de innovación está en el impacto de la investigación científica y en la calidad de los espacios de formación de los profesionales que se desempeñarán luego en la producción; es decir, la creatividad y la capacidad de resolución de problemas de estos profesionales tiene relación directa con el ambiente de investigación en las ciencias en las cuales están siendo entrenados (Sutz, 1986).

David Noble (1977) dice que en todos los casos de despegue económico y mejora de las condiciones generales de vida, tanto en aquellos consolidados en el siglo XIX —Inglaterra, Alemania, Estados Unidos—, como en los de la primera mitad del siglo XX —los países escandinavos, por ejemplo, y más recientemente en algunas naciones asiáticas—, existe como elemento común un conjunto de prácticas que sólo se explican porque creyeron en las

capacidades propias de desarrollo tecnológico e innovación. Prácticamente no encontramos ejemplos de dinamismo exportador en productos de cierta complejidad técnica y fuerte contenido de innovación que no se hayan probado previamente en los mercados internos. Se debe reconocer que es importante que exista la creencia en las capacidades propias de hacer cosas ingeniosas, útiles, de buena calidad y con la habilidad de responder a demandas necesarias.

Es así como en las sociedades se generan creencias valorizantes o desvalorizantes, relacionadas con las capacidades nacionales de resolución de problemas y para ejemplificarlas Sutz (1995) propone la denominación «imaginario tecnológico nacional».

Para que exista un imaginario tecnológico nacional autovalorizado tiene que haber la convicción de que las capacidades nacionales para llevarlos a cabo están presentes; ningún proceso de interacción activa y sostenida entre innovación y desarrollo podría tener lugar sin dicha autovalorizada percepción de las capacidades propias. Más allá del imaginario tecnológico nacional hay un imaginario tecnológico *tout court* por el cual se cree que ciencia y tecnología están llamadas a ser aliadas de procesos de mejora sustantiva de la calidad de vida de la gente o, por el contrario, que mas bien su avance no hará sino agravar desigualdades crecientemente irreversibles en lo social, además de empeorar las condiciones de interacción con la naturaleza, con todos los matices intermedios. Pero salvo casos extremos de desconfianza y rechazo global, el imaginario tecnológico conlleva cierto tipo de expectativas respecto de lo que puede llevarse a cabo específicamente dentro de las fronteras, derivando de ello su carácter de nacional (1995: 188-189).

Aquí hay que señalar cómo se van conformando los imaginarios tecnológicos. En los casos de autovaloración es razonable suponer que en algún momento se plantearon problemas y demandas que pudieron ser ampliamente satisfechas por capacidades locales, en las más variadas combinaciones de orígenes institucionales de quienes las diseñaron, artesanos independientes, pequeños talleres, grandes empresas, empresas de base tecnológica, universidades o institutos públicos de investigación y todas las interacciones posibles entre ellas. Las soluciones puntuales a problemas y demandas impulsaron circuitos de confianza que generalizaron, a los más diversos niveles y con los más distintos grados de importancia

económica y sofisticación científico técnica, los espacios para buscar nuevas soluciones (Sutz, 1997: 189).

El papel del Estado en el diseño de políticas de estímulo y apoyo a actividades de invención y de extensión es bien conocido, dicho papel requiere sostén institucional y éste, a su vez, requiere de burocracias públicas capaces de generar un conocimiento relativamente preciso sobre la realidad tecnológica productiva nacional y de diseñar modalidades de intervención eficientes, flexibles y permanentemente evaluadas. La importancia de ésta burocracia radica en que está constituida por personal con formación específica en temas de política científica y tecnológica y gestión de ciencia y tecnología (CyT), la ausencia o debilidad de dichas burocracias parece ser un factor de primera importancia en la explicación de las diferencias perceptibles en los tejidos institucionales del desarrollo o del subdesarrollo (Freeman, 1988).

La potencia de la innovación suele medirse por su impacto en el desarrollo, y algunos de los elementos presentes en contextos que son ricos en innovación y desarrollo son: sustentabilidad de los procesos innovadores; estructuras productivas que facilitan la emergencia de convergencias y la resolución de desequilibrios tecnológicos; construcción y fortalecimiento de imaginarios tecnológicos autovalorizantes; ensanchamiento sistemático de los espacios nacionales de aprendizaje; entramados institucionales sólidos para la innovación, flexibles, permanentemente evaluados y ampliamente diversificados; facilidad para traducir en innovaciones demandas y necesidades de una parte sustantiva de la población; y preocupación por el mejoramiento permanente de la investigación científica y tecnológica y por el nivel de formación en todos los niveles —especialmente el universitario— (Sutz, 1995).

Por otro lado, una manera de aproximarse a la dimensión de la sustentabilidad innovadora es por medio de la participación del sector productivo en la financiación y ejecución de actividades de I+D en América Latina, es claramente minoritaria.

Los países en donde las empresas invierten recursos para I+D logran sumarse a convergencias tecnológicas en curso, crear nuevas y resolver desequilibrios tecnológicos particulares y así colaboran con la sustentabilidad de los procesos innovadores. En cambio, en las naciones, entre ellas las latinoamericanas, en donde existe escasa participación de las empresas en la ejecución de proyectos de creación de conocimiento, incluyendo también el esfuerzo por adaptar e incorporar conocimiento proveniente de otras partes, se tiene que pensar cómo llegar hasta allí. Esto es fundamental porque la poca participación de las empresas

en la ejecución del gasto de I+D es una de las razones que explica por qué la innovación en América Latina, aunque existe, no se expande y no alcanza los niveles de difusión que en otras naciones tiene.

Podemos observar que la situación latinoamericana en cuanto a la sustentabilidad innovadora, que tiene que ver con la capacidad de reconocer y resolver por medio de la innovación necesidades y demandas de porciones significativas de la población, no es prometedora. En efecto, las tendencias en esta región no han marcado una mejora significativa en la situación económica de la población. Desde la perspectiva de la innovación, lo que ocurre a partir de lo anterior es que las demandas y necesidades sufren un desgarramiento irreconciliable: por una parte, están los grupos más vulnerables que no se constituyen en interlocutores de los procesos innovadores, principalmente porque no han superado un umbral mínimo de necesidades básicas satisfechas; y por otra parte, está la clase alta separada de los primeros por un abismo en donde el nivel de ingresos es sólo la punta del iceberg. Esta clase requiere innovación, y mucha, pero no se constituye en demandante de estos procesos en sus propios países sino que forma parte de la «república internacional de las élites» y como tal se comporta.

Lo más preocupante para este ingrediente de la sustentabilidad innovadora es cómo se perfila el futuro. Las modalidades de producción de conocimiento están cambiando en todo el mundo acompañadas de una reducción notoria de los presupuestos libres de las universidades; esto se ejemplifica en América Latina. Si a la prédica que señala al financiamiento público de la educación superior como una forma indebida de subsidio a las clases medias y altas se suma el hacer del autofinanciamiento para la investigación la principal forma organizativa de la producción de conocimientos, el peligro de una reducción drástica en las capacidades de investigación científica y tecnológica de la región es mucho mayor.

Las capacidades de innovación y su óptima expresión necesitan que les abran oportunidades y para ello los imaginarios tecnológicos autovalorizantes son imprescindibles. Su debilidad en América Latina forma parte de la explicación de por qué somos más capaces de innovar de lo que lo somos para sumar innovación con desarrollo. El tejido institucional asociado a la innovación en la región es débil. Una de las razones está relacionada con la escasez de recursos humanos especializados, no sólo para la implantación de medidas sino, previamente, para su definición.

En realidad, los elementos señalados en la buena resolución de la ecuación innovación y desarrollo: sustentabilidad innovadora, imaginarios tecnológicos autovalorizantes y fuerte tejido institucional, no actúan por separado. En ocasiones se refuerzan mutuamente y en otras, como en el caso latinoamericano, sus debilidades se potencian recíprocamente produciendo círculos viciosos cuya ruptura es difícil. La poca participación empresarial en la ejecución del gasto de I+D explica en parte por qué la innovación en América Latina alcanza bajos niveles de difusión. Ello a su vez ocurre, también en parte, porque el tejido institucional asociado a la innovación es débil y no presta el suficiente apoyo para la inevitablemente riesgosa operación de la innovación, y finalmente, la innovación no trasciende en el sentido de comunicación del término por lo que no contribuye a revertir imaginarios construidos a partir de su reiterada invisibilidad social.

En este marco, y partiendo de la base fundamental de que el problema no radica en la escasez de capacidades de innovación sino en la debilidad de los procesos que le permiten imbricarse con estrategias de desarrollo, surge la pregunta en torno a qué sería realmente posible impulsar en pos de la iniciación de círculos virtuosos. Judith Sutz (1997) denomina como economías «parasitariamente innovativas» a las que se nutren de forma casi exclusiva de innovaciones incorporadas a bienes y servicios concebidos y construidos en otra parte, aunque esto no necesariamente se debe a una mala o nula explotación de las capacidades internas.

En este contexto aparece el sugerente concepto de Pérez y Soete (1988) sobre «ventana de oportunidad», el cual consiste en que las nuevas tecnologías abrirían una ventana fundamental para la transformación, al permitir a los países tecnológicamente menos desarrollados tomar la iniciativa de imbricarse en las nuevas tendencias tecnoeconómicas y cambiar su inserción en la economía mundial tomando atajos que les eviten llegar siempre tarde, cuando ya los mercados han sido estructurados y ocupados por los de siempre. La posibilidad de abrir esta ventana de oportunidad, tal y como lo plantean estos autores, no parece estar al alcance de la gran mayoría de los países periféricos —por ejemplo, ninguna nación latinoamericana lo ha logrado—; quizá por déficit de herramientas para realizar tan compleja operación, en la que lo tecnológico es apenas un ingrediente entre varios, herramientas que incluyen voluntad política, poder y legitimidad para ejercerla, ya que sin poder no se puede y sin legitimidad no se es eficiente.

Por ello, es imprescindible formular un proyecto nacional estratégico, con visión de largo plazo con la ayuda de apoyos supranacionales, como lo demuestran algunos países del

este asiático. Lo central de la ventana de oportunidad alternativa radica en la posibilidad de concebir e instrumentar soluciones con tecnologías de punta diseñadas a la medida de los problemas reales que están planteados en países y empresas como las nuestras.

La historia de las mayores innovaciones parece haber seguido un circuito que empieza con diseños que sólo les interesan a las grandes empresas y que son encarados para uso interno, siguen por la producción independiente de productos derivados de ese diseño a manos de pequeñas empresas independientes, sean desgajadas de las anteriores o nacidas a partir del conocimiento científico cultivado en la academia, continúan por la masificación de la producción y la difusión internacional de su uso y, finalmente, regresan a una situación de intenso dinamismo innovador asociado a la construcción de soluciones a la medida. Cada uno de estos pasos en el circuito seguido por varias de las innovaciones más importantes y por aquellas asociadas a la producción de bienes de capital de base microelectrónica pueden visualizarse como un estadio diferenciado de innovación, con relaciones usuario-productor y mercados bien distintos en cada uno.

Rothwell (1986) describe cada uno de estos estadios. En el primero las relaciones usuario-productor vinculan departamentos dentro de una misma empresa o implican acuerdos entre instituciones no comerciales típicamente estatales y académicas y, por lo tanto, el mercado para los resultados todavía no está constituido. En el segundo estas relaciones son muy intensas y vinculan pequeñas empresas altamente innovadoras, dedicadas fundamentalmente al diseño de ingeniería, con empresas de producción muy sofisticadas que buscan permanente innovaciones; en este caso, el mercado está restringido a un conjunto de conocedores, entre otras cosas por el muy alto costo de los dispositivos elaborados. En ambos estadios transcurre la «etapa temprana» de las innovaciones, en la que aún no se estratificaron los mercados, y las barreras de entrada construidas por medio de diversas modalidades de la propiedad intelectual y de alianzas comerciales son todavía bajas. Desde la perspectiva de quien quiere entrar al club de los productores de innovaciones de alto impacto, éste parecería ser el momento adecuado, mientras que desde la perspectiva de un usuario pequeño o mediano interesado en las innovaciones estaría fuera de su alcance monetario y, por ende, de su horizonte.

El tercer estadio de innovaciones, que podría denominarse *«prêt-à-porter»*, desdibuja la parte usuario-productor y en cambio fortalece notablemente la parte del mercado. En efecto, este estadio se materializa cuando las innovaciones han sido lo suficientemente probadas,

modificadas y comprendidas en sus diversas posibilidades de uso como para lograr niveles de estandarización que permitan la entrada genérica al mercado, es decir, sin un usuario en particular. Es aquí cuando aparece el mercado mundial para las innovaciones y desde todas partes del mundo se puede acceder a ellas. Corresponde a una «etapa madura» de las innovaciones. El cuarto estadio, en cambio, revierte esta última situación, la relación usuario-productor se intensifica nuevamente, el mercado se restringe, readquiriendo un carácter eminentemente local y las empresas productoras vuelven a ser relativamente pequeñas, siendo su fuerte la innovación y no la producción en masa. Este estadio innovador es posible justamente porque la evolución de la tecnología, cualquiera que sea su origen —microelectrónico, informático, biológico, químico—, ha permitido la fabricación de piezas baratas y potentes como base de infinitos rompecabezas para armar el usuario-cliente, en conjunción con el productor.

En realidad, desde una perspectiva no de productos sino de principios tecnológicos, el verdadero proceso de modernización está asociado a este último estadio, que es cuando se aprovecha a cabalidad la potencia de dichos principios para la resolución de problemas específicos. En América Latina el contacto con lo nuevo se da fundamentalmente por medio del tercer estadio —*prêt-à-porter*—. No pasar de allí, no acceder a la posibilidad de aprovechar los principios tecnológicos para la resolución de los propios problemas sino quedar limitado a recibir productos teóricamente listos para usar, fomenta el subdesarrollo. Un actor que debe jugar su papel para transitar de ese estadio de innovación al siguiente es la pequeña empresa innovadora, capaz de diseñar soluciones aprovechando y adaptando los nuevos principios tecnológicos. La experiencia institucional de los países del este de Asia nos sirve de ejemplo para aprender en materia de apoyo a la concreción empresarial de ideas innovadoras.

Para alcanzar este estadio innovador no sólo es necesario contar con técnicos creativos, lo que remite a realizar un significativo esfuerzo de investigación propio y abrir de forma sistemática espacios locales de aprendizaje, sino con empresas que reconozcan en la innovación una herramienta de competitividad y con instituciones diseñadas para ayudar a las empresas a que procesen y concreten dicho reconocimiento. Si el tejido innovador es débil, y una sociedad se queda en el tercer estadio, el proceso de difusión tecnológica se trunca y de él resultan marginados todos los agentes productivos que por su menor tamaño, sofisticación tecnológica o sus menores recursos no se ven bien servidos por la oferta estandarizada.

Al proceso inacabado de industrialización, que ya vivimos, se suma un pobre proceso de difusión tecnológica y, por ende, en vez de aprovechar los principios tecnológicos asociados a las nuevas tecnologías seguiremos comprando dispositivos. En ocasiones ambos procesos serán sinónimos y muchas veces resultarán complementarios, pero no siempre, ya que en muchas ocasiones, además de utilizar al máximo todo lo que ya existe, también hay que ser capaz de imaginar e implementar soluciones que nunca antes fueron planteadas. Asimismo, es indispensable aprovechar los principios tecnológicos, diseñar a la medida de las necesidades, concretar los diálogos usuario-productor para asegurar que la tecnología está puesta directamente al servicio de la instrumentación de soluciones a problemas propios. Para Sutz a diferencia de los diseñadores estilo *prêt-à-porter*, quienes obligan a que el problema se adapte a la solución, lo que hace falta aquí es un sastre tecnológico que opere en sentido directamente inverso.

[...] los sastres tecnológicos que existen en todas partes incluida América Latina son los que ayudan a ubicar las cosas en su secuencia lógica, primero se detecta el problema, se le entiende a fondo y se diseña, con racionalidad tecnoeconómica, la mejor solución posible. Para revertir el proceso trunco de difusión tecnológica es necesario que cada vez más instancias actúen como sastres tecnológicos (Sutz, 1997: 202).

La capacidad de innovación latinoamericana quizá llegue a impactar, en algunos casos, a nivel mundial. No será fácil que nuestras economías y desarrollo sean orientados en el corto plazo y en medida significativa por la innovación, pero esto no implica que no puedan darse importantes procesos de crecimiento económico en la región.

De ser así, la cuestión que se plantea es: ¿qué puede esperarse de la innovación en América Latina? Las capacidades no faltan, hay nuevas oportunidades abiertas por la evolución tecnológica y hay aprendizajes institucionales no demasiado costosos que podrían viabilizar a unas y otras; sin embargo, no se dibuja con claridad en el horizonte la perspectiva de un vuelco mayor, como en otras realidades ha sucedido.

En esas otras realidades ha operado lo que Sutz (1986) denomina «turbulencias innovativas amplias», en donde el impacto del conjunto de actividades que llevaron al diseño, construcción, puesta a punto e introducción en el mercado de lo nuevo se extendió a múltiples

actividades económicas en muchas partes del mundo. En América Latina, en cambio, lo que existe son «turbulencias innovativas restringidas» es decir, actividades de diseño, construcción y puesta a punto de lo nuevo con un impacto acotado en todos los sectores. Por lo tanto, tenemos que aprovechar las oportunidades derivadas de la evolución tecnológica y las oportunidades de aprendizaje institucional para llegar a producir turbulencias innovadoras amplias en la región.

IV.3. Sistema Nacional de Innovación

Para explorar la importancia y el impacto que presenta el entorno institucional en el ámbito de la ciencia y la tecnología, es necesario analizar el concepto de Sistema Nacional de Innovación² empleado por varios países y organismos internacionales, el cual se puede definir como la red de actores e instituciones del sector público y privado cuyas actividades individuales y mutua interacción contribuyen a la creación, importación, adaptación, modificación y difusión de nuevas tecnologías. La interacción entre las unidades del sistema puede ser financiera, técnica, comercial, legal y social y su objetivo es el desarrollo, protección, financiamiento o regulación de la generación de conocimientos. Además, provee el marco bajo el que los gobiernos crean e instrumentan políticas orientadas a influir en el proceso de innovación.

Las funciones de las instituciones involucradas en este sistema, según Edquist (1997), son: reducir la incertidumbre al proporcionar información, alentar la cooperación y manejar conflictos, proporcionar incentivos y canalizar recursos hacia las actividades innovadoras. Por su parte, Casalet (2000) propone que las instituciones mexicanas que apoyan la innovación comprenden cuatro categorías: 1) las que proporcionan incentivos financieros y fomentan el desarrollo productivo; 2) las que proporcionan información y reducen la incertidumbre; 3) las que se especializan en sectores específicos; y 4) el Sistema de Centros de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

² No confundir con el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) creado [por el Acuerdo Presidencial](#) publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de julio de 1984, el cual fue concebido para incentivar la investigación en México.

Respecto a las primeras más adelante veremos que aún persisten problemas en la estructura de incentivos para promover una investigación orientada a la solución de problemas y la innovación. El Conacyt tiene un conjunto de programas para estos fines, pero muchos de éstos tienen asignados muy pocos recursos financieros, por lo cual no generan los efectos esperados en el comportamiento de investigadores, universidades, centros públicos de investigación y empresas. En relación a los instrumentos para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en el sector productivo, veremos que en México durante los últimos años adquirió importancia el Programa de Estímulos Fiscales a los Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico, coordinado por la Secretaría de Hacienda y el Conacyt, el cual era un instrumento pensado para estimular a las empresas a realizar una mayor inversión en investigación y desarrollo que sería remplazado por sus pobres resultados.

No obstante, además de apoyar el desarrollo tecnológico, también es necesario fortalecer las capacidades científicas de los países. En este sentido, los apoyos para la ciencia en México continúan siendo limitados; por ejemplo: el Fondo de Investigación Científica Básica —el principal soporte público en la materia—, impulsado por el Conacyt y la Secretaría de Economía, rechazó de 2001 al 2006 la mayor parte de los proyectos que le presentaron debido a la falta de recursos económicos. Hay muchos proyectos de calidad que requieren apoyo, y que podrían generar conocimiento de calidad, pero que no reciben financiamiento.

Dentro de las cuatro categorías que propone Casalet (1999), las instituciones que proporcionan información son muy importantes ya que están vinculadas con la generación de un entorno de confianza y certidumbre —denominadas «instituciones puente»—. Capdevielle (2000) señala que la principal función de estas instituciones es apoyar el desarrollo de un mercado de servicios para la conformación de las capacidades tecnológicas de las empresas, de forma que complementen los apoyos otorgados por las instituciones de fomento. Mientras que para Casalet las instituciones puente incluyen: empresas que proporcionan servicios de información tecnológica; las que proporcionan servicios de normalización y certificación; aquellas que promueven una cultura de calidad; las que proporcionan capacitación; y, finalmente, empresas consultoras que brindan apoyo tecnológico especializado.

Un actor crucial son las universidades e instituciones de educación superior, ya que se encargan de capacitar los recursos humanos que requiere el desarrollo del proceso innovador en las empresas y pueden actuar como consultores y proveedores de servicios para el sector productivo. Este lazo es fundamental para el funcionamiento del Sistema Nacional de

Innovación de cualquier país, desgraciadamente en México esta relación es sumamente débil. De ahí la necesidad de fomentar las relaciones de cooperación entre las universidades e institutos de investigación y las empresas.

Otro actor fundamental es el sector empresarial y su papel es traducir las invenciones en innovaciones que agreguen valor, generen empleos y mayores ganancias mediante la introducción de productos y procesos nuevos al mercado. Este sector está compuesto por las empresas, así como por las cámaras y asociaciones industriales que las aglutinan.

Actualmente en nuestro país para hacer posible en un futuro la puesta en marcha de un SNI, compuesto por los diversos sistemas regionales, es imprescindible la participación del empresario, pero para ello primero es necesario captar sus demandas para después poder convencerlo de que la innovación, y lo que existe detrás de ésta, puede redituárle grandes beneficios y entonces la fomenta. En una primera etapa es necesario un instrumento como el implementado por el gobierno de Michoacán en el 2007, el cual creó una base de datos en la que el empresario sube requerimientos que pueden ser resueltos por medio del conocimiento. También debe aprovecharse la plataforma que proporcionan las industrias, en las que México tiene muchos años de experiencia, y que presentan las mayores tasas de crecimiento, para impulsar el desarrollo de otras empresas que se encadenan a éstas como proveedores o clientes.

Otro de los problemas que enfrenta la clase empresarial es la escasa cultura de innovación que posee, pobreza que se ve reflejada en el escaso gasto de investigación y desarrollo que ejerce y en el exiguo número de patentes mexicanas. En las empresas «supuestamente» innovadoras el mayor gasto se destina a maquinaria y equipo. Otras fallas que debemos destacar son las distorsiones en la estructura de incentivos para los diferentes agentes y la ausencia de promoción y control que promuevan y premien la vinculación. Además, la carencia de capital de riesgo, de recursos humanos calificados y un riesgo elevado que genera baja rentabilidad en la innovación, son una constante en México.

Otro sector involucrado en la definición de este sistema es el sector público; que en nuestro país está conformado por el Conacyt —como la agencia rectora de la actividad científica y tecnológica—, por otras secretarías de Estado y organismos relevantes, el Congreso de la Unión —por medio de las comisiones de Ciencia y Tecnología de las cámaras de Diputados y Senadores—, el cual establece la legislación pertinente y aprueba recursos y,

finalmente, por otras instituciones importantes a nivel estatal —como los consejos estatales de ciencia y tecnología con los que ya cuentan la mayoría de las entidades—.

Actualmente lo que se requiere es tomar las decisiones conducentes y asignar mayores recursos a la ciencia, tecnología e innovación. Ya tenemos un marco jurídico para la ciencia y la tecnología y hemos avanzado en el marco regulatorio como la Ley de Ciencia y Tecnología, el acuerdo sobre la inversión de uno por ciento en esta materia y el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT); no obstante, ahora hay que pasar a una mejor implementación de las leyes y los acuerdos, ya que como veremos en el siguiente capítulo ha pervivido una asignación limitada y poco satisfactoria de recursos para este rubro.

Por último, tenemos el sector externo que constituye un canal para recibir financiamiento, transferir tecnología o bien aprender otras prácticas internacionales. Está constituido por universidades y centros de investigación extranjeros, organizaciones internacionales como el BM, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), agencias especializadas del sistema de la ONU —como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)—, Cepal, Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y fundaciones.

Aunque generalmente hablamos de sistema de innovación a nivel nacional, éste es un fenómeno que depende básicamente de factores regionales. Cuando el ambiente empresarial mejora debido a un mayor nivel educativo, infraestructura, políticas gubernamentales explícitas diseñadas para atraer inversiones, etc., las compañías empiezan a concentrarse en zonas geográficas específicas dando origen a la formación de *clusters*. Furman (2002) define la capacidad innovadora como el potencial para producir una corriente de innovaciones comercialmente relevantes, este autor también señala que los tres niveles en los cuales debe estudiarse la innovación son: nacional, regional y sectorial; y que los elementos que explican la capacidad innovadora de un país consisten en: la infraestructura común de apoyo a la innovación, el ambiente específico de desarrollo de los principales *clusters* industriales y la calidad de los lazos entre ambos.

Respecto al entorno regulatorio se pueden identificar cuatro políticas que tienen un efecto importante en la realización de actividades científicas y tecnológicas: 1) la política comercial; 2) la política hacia la IED, 3) la política hacia la propiedad intelectual; y 4) la política de competencia.

Desde mediados de la década de los ochenta, México experimentó una transformación en cuanto a la apertura económica y desregulación, cambio que se vio reflejado en medidas como el ingreso en 1986 al General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) —predecesor de la Organización Mundial de Comercio—, la negociación del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá en 1994, la creación de un ambiente amigable al inversionista extranjero —con el consecuente abandono de las políticas nacionalistas del pasado—, el fortalecimiento del respeto a la propiedad intelectual industrial y la desregulación de las transacciones tecnológicas. Este cambio en las políticas comerciales, industriales, tecnológicas y hacia la inversión extranjera fue parte de una profunda transición que implicó el abandono de una estrategia de desarrollo encabezada por el Estado hacia un modelo alternativo que pone más énfasis al mercado. Varias de las estrategias planteadas en los planes de CyT estuvieron orientadas a satisfacer los requerimientos solicitados por esas organizaciones.

El proceso de apertura de la economía mexicana se vio reflejado en un incremento en los niveles de comercio y de recepción de inversión extranjera, los inversionistas siguieron una estrategia de búsqueda de eficiencia para acceder a los mercados de exportación, mejorar la calidad, reducir el costo de los recursos humanos y aprovechar los acuerdos comerciales. Así, la mayor parte de la producción de artículos con alto contenido tecnológico se dedica principalmente a exportar al mercado norteamericano. Otras estrategias implementadas en América Latina son la búsqueda de materias primas y de mercados. De esta forma se modificó la composición de las exportaciones mexicanas, las cuales a principios de la década de los setenta se encontraban dominadas por productos primarios y ya para mediados de los noventa los principales productos de exportación eran automóviles y equipo electrónico producidos por compañías multinacionales.

Es necesario señalar que la IED es una fuente de financiamiento y un medio para la adquisición de tecnología y habilidades gerenciales que juegan un papel esencial en el proceso de desarrollo industrial. De esta forma, tanto el comercio internacional como la IED contribuyen a crear mecanismos que alientan el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas, entre ellos: facilidad para realizar transacciones tecnológicas con el exterior y para importar equipo y maquinaria necesaria; estar en contacto con compradores y vendedores en el mercado internacional que se encuentran al tanto de los avances tecnológicos; generación de

derramas tecnológicas³ de las empresas extranjeras hacia el sector doméstico de la economía y transferencia de equipo; capacitación de trabajadores; y, finalmente, el intercambio de información técnica de la compañía filial con la empresa matriz ubicada en el exterior.

En cuanto a la propiedad intelectual, ésta se define como el conjunto de derechos patrimoniales de carácter exclusivo que otorga el Estado por un tiempo determinado a las personas físicas o morales que llevan a cabo la realización de creaciones artísticas o que realizan invenciones o innovaciones (Conacyt, 2003). Al respecto, Geroski (1995) plantea que el sistema de patentes está diseñado para crear un mercado de conocimiento, por medio del cual se asignan derechos de propiedad a los innovadores con el fin de que éstos puedan vencer el problema de la falta de apropiabilidad de los beneficios de una innovación, mientras se promueve, al mismo tiempo, la difusión del conocimiento al hacerlo público.

Otro elemento sumamente importante es el entorno cultural. Este concepto refiere al reconocimiento por parte de la población de la importancia del desarrollo en ciencia y tecnología para aumentar sus niveles de bienestar y la competitividad de las empresas. En el 2006 el Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) llevaron a cabo un estudio⁴ para cuantificar dicho entorno, cuyos objetivos eran observar el nivel de conocimiento que tienen las personas en torno a nuevos descubrimientos científicos y desarrollos tecnológicos, su actitud frente a los posibles impactos, cuáles son las fuentes de información que les hacen llegar tales conocimientos y la percepción que tienen respecto a su propio conocimiento y entendimiento de tópicos en la materia.

Las respuestas son de la población en general, no sólo del sector empresarial. De acuerdo a los resultados presentados, un elevado porcentaje de la población tiene confianza en que el progreso científico y tecnológico ayudará a encontrar la cura de enfermedades y en general a elevar los niveles de bienestar. Al mismo tiempo, los entrevistados reconocen la baja calidad de la educación científica en México, ya que

³ Las derramas son transferencias de conocimiento que resultan en incrementos de la productividad del agente que las recibe. Grossman y Helpman (1991) afirman que éstas ocurren cuando «firmas pueden adquirir la información creada por otros sin pagar por ella en una transacción de mercado, y cuando los creadores (o los dueños actuales) de la información no tienen un recurso legal efectivo, bajo las leyes imperantes, si otras firmas utilizan la información adquirida».

⁴ Y para ello utilizaron los resultados de la Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México realizada entre los años 2001 y 2002 por el Conacyt en cooperación con el Inegi.

sólo el 40 por ciento consideró que ésta era adecuada. Probablemente el resultado más interesante se refiere a la afirmación «la investigación científica hace que los productos industriales sean más baratos», sólo el 45 por ciento de la población entrevistada estuvo de acuerdo, mientras que un 38 por ciento estuvo en franco desacuerdo. Asimismo, la automatización de fábricas y el uso de tecnologías de la computación tienden a ser asociadas con la pérdida de empleos. La percepción de que las actividades de investigación y desarrollo tecnológicos se traducen necesariamente en productos más caros y en la pérdida de empleos refleja la ausencia (o debilidad) de una cultura tecnológica que asocie el avance tecnológico con un aumento de la competitividad de la empresa, en mayores oportunidades para la generación de empleos y, por consiguiente, en un medio para alcanzar un crecimiento económico sostenido (Cabrero Mendoza, Enrique, *et ál.*, 2006: 265).

En América Latina es necesario enfatizar en la construcción y reforzamiento de redes entre los diferentes actores del sistema, lo que implica una adecuada coordinación y congruencia entre las diversas políticas públicas que deben estar coordinadas para no duplicar esfuerzos y atender todos los campos de actuación.

V. México: enfoques de la política en ciencia y tecnología

Algo he aprendido en mi larga vida: que toda nuestra ciencia, contrastada con la realidad, es primitiva y pueril; y, sin embargo, es lo más valioso que tenemos.

ALBERT EINSTEIN

En este capítulo se señalan los enfoques que han predominado a nivel mundial en la formulación de las políticas científicas y tecnológicas y a partir de esta revisión se analizó lo que se ha hecho en México para entender el estado actual de la política científica.

Como hemos visto, a consecuencia de las dos guerras mundiales surge la necesidad de definir políticas de ciencia y tecnología. Blume (1985) identifica tres períodos en la evolución de las políticas de la ciencia en los países avanzados: a) la ciencia como motor del progreso, que se presenta desde mediados de los años sesenta hasta principios de los setenta; b) la ciencia para la solución de problemas en los setenta; y c) la ciencia como fuente de oportunidades estratégicas, en los años ochenta¹.

Por su parte, Elzinga y Jamison en la definición de estas políticas hacen una conceptualización distinguiendo cuatro culturas predominantes.

a) la cultura de la política burocrática, basada en la administración del Estado, con sus agencias, comités, consejos y cuerpos de asesores que se preocupan principalmente por la administración efectiva, la coordinación, la planeación y la organización. En este caso la preocupación de la ciencia se da en términos de sus usos sociales y de cómo hacer la política pública en forma científica; b) la cultura académica, basada en los mismos practicantes de la ciencia, que está más preocupada por la política para la ciencia (es decir, el aumento de los recursos para su desarrollo) y por la preservación de las normas tradicionales de autonomía, integridad, objetividad y control sobre los

¹ Mario Albornoz (1997) establece tres etapas en la formulación de estas políticas: 1) la «política para la ciencia»; 2) «política de la ciencia» o «ciencia para la política», la cual refleja la impronta de la investigación aplicada y de las políticas públicas destinadas a dotar de objetivos socioeconómicos a las actividades de ciencia y tecnología; y 3) la creciente centralidad política de la ciencia y la tecnología, etapa en la que predominan la innovación y el giro economicista.

fondos y la organización; c) la cultura económica, relacionada con el mundo de los negocios y la administración, basada en las firmas industriales y que enfoca su atención en los usos tecnológicos de la ciencia. El espíritu empresarial que predomina se expresa en la idea de transformar los resultados científicos en innovaciones exitosas que sean difundidas comercialmente en los mercados; d) la cultura cívica, que en su forma más dinámica está basada en movimientos sociales populares, tales como los ambientalistas y los feministas, cuyas preocupaciones se relacionan más con las consecuencias e implicaciones de la ciencia que con su producción y aplicación. Esta cultura articula sus posiciones mediante organizaciones de interés público, campañas y movimientos cuya influencia está determinada por la fuerza de la sociedad civil (1996: 575-576).

El período de la ciencia como motor del progreso respondió a la necesidad de los países avanzados de apoyar la formación de sistemas de investigación basados en la educación científica, es decir, en la investigación básica y la formación de recursos humanos. Durante este período predominaron los criterios de la cultura académica que tuvieron una gran participación en la definición de políticas y programas para apoyar el desarrollo de la actividad científica. Etapa en la que se hace énfasis en la oferta.

Posteriormente, en el período de la ciencia para la solución de problemas específicos, entre 1955 y 1967², en los países de la OCDE predominó la cultura burocrática y de la administración del Estado en la definición y puesta en práctica de las políticas en ciencia y tecnología, relacionadas con objetivos concretos —como fue el caso de la investigación militar en Estados Unidos—. «Es conocida como el periodo de énfasis en el lado de la demanda, entre 1970-1980, el acento se puso en el ambiente económico que afecta el cambio técnico y los procesos de innovación tecnológica» (Averch, 1985). Esta etapa se sustenta en los esfuerzos de los países por mejorar sus posiciones económicas en el contexto mundial. Las naciones avanzadas se orientaron hacia la creación de parques tecnológicos vinculados con las universidades y la creación de empresas de base tecnológica; de esta forma la innovación pasó a ocupar el centro de las políticas de ciencia y tecnología.

Por último, a fines de los años ochenta, periodo en el que la ciencia y la tecnología son concebidas como fuente de oportunidades estratégicas en la mayor parte de los países avanzados (Blume, 1985), algunas naciones enfatizaron en los aspectos económicos y otras en

² Ver Salomon, Jean Jacques (1974).

los aspectos sociales, integrando el enfoque de la oferta con el de la demanda. Esta etapa se orienta hacia una nueva dimensión en las relaciones entre ciencia y sociedad y se basa en dirigir la ciencia hacia el beneficio social.

De una perspectiva tradicional en la coordinación entre ciencia y sociedad basada en un modelo lineal, que deja pocas posibilidades de un dinamismo interno en la generación de conocimiento e innovación, la concepción está evolucionando hacia un proceso no lineal o cíclico, en donde la resolución de problemas y la liberación de innovaciones requieren del conocimiento. Se trata de un modelo de desarrollo científico y tecnológico basado en la interfase entre instituciones y en una compleja interacción de actores, instituciones y procesos. La idea es la de un sistema en el que la auto organización, la diferenciación y el desempeño sean los puntos de partida de una cooperación estratégica entre las diferentes instituciones (FSC, 1996: 6)³.

Así, la forma de integrar la ciencia y la tecnología con los problemas de interés social se da mediante la participación de un conjunto de actores sociales en el proceso de la formulación de esas políticas.

Entonces, ¿por qué en México las concepciones existentes no han logrado enraizar en un paradigma de política científica y tecnológica (PCyT) tal como ha pasado en los países desarrollados? Rosalba Casas (1985) sostiene que a diferencia de lo sucedido en los países desarrollados, en los que la PCyT ha incorporado distintos elementos de las concepciones existentes, en México ha sido resultado de diversas concepciones, intereses y preocupaciones planteadas por diferentes actores —la comunidad científica, empresarios y el Estado, principalmente—, e incorporada ya sea de manera preponderante, complementaria o incluso marginal en la definición de la PCyT en diferentes etapas o periodos históricos. Si bien la coexistencia de estas distintas concepciones y culturas ha favorecido la continuidad de algunas

³ El *Foresight Steering Committee Report* (1996) se ha desarrollado en los países europeos, principalmente en Inglaterra, Dinamarca, Holanda y Alemania, naciones en las que se ve un avance importante en el desarrollo de culturas sociopolíticas que han evolucionado hacia la gobernabilidad democrática, la sociedad civil y el debate público. Por medio de la práctica de la participación pública en la política de ciencia y tecnología, tanto en su discusión como en los procesos de toma de decisiones, es que estos países lograron dichos propósitos mediante conferencias para generar consensos entre diversos actores, talleres, jurados ciudadanos —todo aquello que permite la participación del público en la elaboración de propuestas para la agenda política y en la comprensión de los significados sociales de la ciencia—.

políticas y programas de ciencia y tecnología no se ha logrado configurar un paradigma de PCyT.

Es mediante el análisis de las «políticas explícitas, que son aquellas acciones puestas en práctica por los organismos gubernamentales responsables de las actividades de ciencia y tecnología en diferentes momentos históricos» (Herrera, 1975) que podemos observar la periodización que se ha dado en México. No obstante, es necesario tomar en cuenta el contexto socioeconómico, el papel que desempeña el Estado mexicano en la promoción del desarrollo y el predominio de las visiones de diversos actores sociales en relación a las políticas de ciencia y tecnología.

Para entrar en el análisis de los diferentes enfoques que se han dado en las políticas de ciencia y tecnología de nuestro país tenemos que saber que los instrumentos que las constituyen tienen que:

1) Fortalecer la infraestructura científica y tecnológica, con el fin de estimular la interacción entre los agentes e instituciones relevantes, mejorar los flujos de información para crear una estructura que favorezca la difusión de información y tecnologías, y mejorar la oferta de los insumos necesarios para la realización de proyectos de investigación y desarrollo (entre ellos, de recursos humanos). Entre los instrumentos financieros en esta categoría se encuentran el otorgamiento de estímulos para la capacitación de personal y para la realización de estudios de posgrado en áreas de interés. Asimismo, se incluye el apoyo al desarrollo de industrias específicas que generarán efectos de derrama a otros sectores de la economía o bien al desarrollo de regiones geográficas particulares. Los instrumentos no-financieros incluyen el fortalecimiento del sistema educativo con el fin de mejorar la oferta de recursos humanos capacitados, así como diversos programas que estimulen la interacción entre los centros públicos de investigación, las universidades, y las empresas. 2) Crear y mantener un ambiente regulatorio que aliente la inversión en actividades científicas y tecnológicas. Tal ambiente es creado mediante la adopción de medidas que fortalezcan la habilidad de las empresas para apropiar los beneficios de las actividades de I+D y su capacidad para importar y asimilar tecnología extranjera. Entre estas medidas se encuentran la creación de un sistema de patentes y de respeto a la propiedad industrial, así como la implementación de políticas comerciales y hacia la inversión extranjera que disminuyan las barreras a la adquisición de tecnología. También se incluye la implementación de una política que aliente la competencia y evite prácticas

monopólicas, así como instrumentos relacionados a la imposición de estándares industriales. Por su naturaleza, todos los instrumentos y políticas clasificadas dentro de esta categoría son de tipo no-financiero. 3) Otorgar estímulos a la empresas para que éstas no sub-inviertan en el desarrollo de proyectos tecnológicos y se alcance un nivel de actividades innovadoras que maximice el bienestar de la sociedad en su conjunto. Aquí se incluye una variedad de instrumentos de ambos tipos. Los instrumentos financieros incluyen el otorgamiento de estímulos fiscales, financiamiento directo por medio de subvenciones u otorgamiento de créditos en términos preferenciales, el establecimiento de fondos de garantía para facilitar el acceso al crédito bancario, o bien el apoyo a la creación de fuentes de capital de riesgo. Los instrumentos no-financieros pueden tener como finalidad eliminar asimetrías de información mediante el establecimiento de centros de información técnica que atienda las necesidades de la industria, estimular la creación de un cuerpo de consultores que tenga la capacidad de otorgar servicios de asesoría o bien modificar el esquema de compras gubernamentales con el fin de alentar el desarrollo de una industria específico (Cabrero Mendoza, Enrique, *et ál.*, 2006: 244-245).

En México encontramos una larga historia sobre el impulso que se le da a las actividades científicas por medio del Estado; por ejemplo, el desarrollo de la ciencia entre 1900 y 1952 fue muy pobre, durante treinta años hubo poca paz civil y cuando concluyó dicho periodo estábamos en un estado primitivo de subdesarrollo⁴. Sin embargo, durante el último tercio del siglo XIX ya se habían creado varias instituciones científicas, como el Observatorio Nacional (1863), el Museo de Historia Natural (1866), la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (1833), la Sociedad Química (1849), la Sociedad Médica de México (1865), la Sociedad Mexicana de Historia Natural (1868) y la Academia Nacional de Medicina (1873). Con el régimen de Porfirio Díaz se establecieron otras instituciones y sociedades científicas como la Comisión Geográfico-Exploradora (1877), la Comisión Geológica (1886), el Instituto Médico Nacional (1888), el Instituto Geológico (1891), la Comisión de Parasitología Agrícola (1900), el Instituto Patológico (1901), el Instituto Bacteriológico (1906), la Sociedad Científica Antonio

⁴ Uno de los primeros antecedentes es la Ley Orgánica de Instrucción Pública del Distrito Federal de 1867, con la cual se crearon nuevos establecimientos educativos culturales y científicos y estimuló la formación de varias asociaciones científicas, cuyos miembros participaron de manera activa y profesional en los proyectos gubernamentales. Durante el periodo revolucionario (1910-1921) varias de estas agrupaciones desaparecieron mientras que otras experimentaron una importante transformación al término de la lucha armada (Saldaña y Azuela, 1996).

Alzate (1884), la Sociedad Científica Alejandro de Humboldt (1886), la Sociedad Científica Leopoldo Río de la Loza (1886) y la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1890). El episodio más importante de la etapa porfiriana para la historia de la ciencia en México fue la fundación de la Escuela de Altos Estudios, el 7 de abril de 1910, seguida por la fundación de la Universidad Nacional, el 24 del mismo mes. La importancia de estas acciones radica en que su objetivo era proporcionar a los alumnos y maestros los medios para llevar a cabo metódicamente investigaciones científicas que enriquecieran los conocimientos humanos; es decir, se concebía a la ciencia como un valor cultural y no únicamente como una herramienta destinada a resolver problemas específicos (Pérez Tamayo, 2005: 287-288).

En la década de los veinte, con el establecimiento del nuevo régimen político, se da la reorganización de la ciencia y se modifican las relaciones entre los científicos y los gobiernos revolucionarios. En 1927, en la Sociedad Científica Antonio Alzate, preocupados por el escaso desarrollo de la investigación científica en el país y la incipiente comunidad científica, se propuso la creación de un Comité Permanente para la Promoción de las Investigaciones Científicas en México, conformado tanto por representantes de las sociedades científicas del país como por los responsables de las distintas secretarías de Estado y un programa de trabajo realizado mediante el diálogo entre los científicos y la burocracia estatal. Esta propuesta emanada de la cultura académica dio lugar a la formación de la Academia Mexicana de las Ciencias⁵.

Posteriormente, de 1934 a 1940, bajo el gobierno del general Lázaro Cárdenas, se estableció una política de corte nacionalista cuyo objetivo era mejorar la situación económica, social y educativa de los grupos sociales más desfavorecidos de la sociedad —obreros y campesinos— e impulsar un proceso de industrialización basado en el control de nuestros recursos naturales —petróleo, energía eléctrica y recursos minerales—. En este contexto, Cárdenas procuró fortalecer la actividad científica con un doble objetivo:

- a) coadyuvar a la reorganización de la educación superior y b) contribuir al mejor conocimiento y utilización de los recursos naturales. Para alcanzar ambos propósitos se creó en 1935 el Consejo Nacional de la Educación Superior y de la Investigación

⁵ Como antecedente de lo que hoy conocemos como Academia Mexicana de las Ciencias está la Academia Nacional de la Investigación Científica, la cual se creó en 1959 por iniciativa de un grupo de científicos adscritos, en su gran mayoría, a la UNAM, en 1996 dicha institución modificó su nombre optando por la denominación que el grupo de científicos había sugerido en 1927 de Academia Mexicana de las Ciencias.

Científica (Conesic), que tuvo como principal actividad elaborar planteamientos para la creación de institutos de investigación y apoyar la reorganización de la educación superior. Este organismo participó en la creación del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y en la reapertura de varias universidades estatales contribuyendo así a la formación del personal técnico y científico para la investigación (Casas, 1985: 24-25).

Los científicos e intelectuales que participaron en la creación del Conesic tenían la concepción de la ciencia como solucionadora de problemas y querían relacionar la investigación científica con los intereses de la sociedad. El gobierno de Cárdenas concordó con esta concepción de política científica y tecnológica y su objetivo fue la creación de programas de investigación destinados a atender los problemas que planteaba el desarrollo económico y social, y fortalecer la independencia económica del país, para lo cual estimuló la creación de infraestructura y la formación de recursos humanos.

Como ya vimos, a partir de la década de los cuarenta México empezó a experimentar un acelerado proceso de industrialización basado en una política de sustitución de importaciones, una creciente demanda externa de bienes de consumo y la expansión del mercado interno que dio como resultado un crecimiento sostenido de la economía entre 1950 y 1980. Durante este período, la concepción que se tuvo de la ciencia era una mezcla de dos enfoques internacionales: el de la ciencia como motor del progreso y el de la ciencia para la solución de problemas; así, la visión generalizada que se tenía era que el modelo lineal de empuje de la ciencia era el que generaría el desarrollo tecnológico y la solución de problemas.

Con el gobierno del presidente Manuel Ávila Camacho se renovó el interés por generar una base científica. En 1942 se creó la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC), dependiente de la Secretaría de Educación Pública (SEP), cuyo propósito era impulsar una base científica nacional como sustento para la independencia tecnológica y apoyar el desarrollo de la actividad científica para el progreso industrial. Sus actividades se orientaron hacia la concepción de una política para el apoyo de la ciencia, suponiendo que su estímulo tendría como resultados la solución de problemas de ciertos sectores económicos e industriales. Durante los siete años en los que la institución fue sostenida por el gobierno se fomentó la formación de una infraestructura humana y física, mediante ayuda financiera a universidades, centros e institutos de investigación como el Instituto Mexicano de

Investigaciones Tecnológicas (IMT), creado en 1946, los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (Lanfi), establecidos en 1948 y el otorgamiento de becas de posgrado.

A finales de la década de los cuarenta empieza a cambiar la concepción de la ciencia en los científicos mexicanos, entre quienes permea la idea de que la ciencia no se guiaba por el deseo de mejorar las condiciones de vida ni el afán de lucro sino sólo por la curiosidad científica y el interés por descubrir la verdad. Posición que se vio fortalecida debido a los resultados de la tecnología utilizada con efectos bélicos durante la Segunda Guerra Mundial.

A partir de entonces se fue constituyendo en el país una élite de científicos que se ubicó en los organismos gubernamentales encargados del impulso a la investigación científica y cuya principal preocupación ha sido el desarrollo científico por sí mismo, ajeno a la trascendencia social de esta actividad (Casas, 1985: 44-46).

A partir de 1950, el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC) estuvo a cargo de la política científica y tecnológica del país, su amplitud de funciones durante su primera etapa — 1950-1960— contrastó con sus escasos resultados prácticos, motivo por el cual en 1960, mediante la recién creada Academia de la Investigación Científica (AIC) la comunidad científica intervino para modificar la ley orgánica del INIC y reestructurar sus funciones, las cuales quedaron restringidas a la cooperación, promoción y difusión de la ciencia. En este periodo prevaleció la idea de la ciencia como motor del progreso que había en los países desarrollados, concepción orientada a alcanzar el prestigio científico mediante las acciones de colaboración.

Durante los años cuarenta y cincuenta, México no contaba aún con las condiciones necesarias para orientar la investigación científica hacia la solución de problemas particulares del país. Sin embargo, durante este periodo tanto la cultura académica como la cultura burocrática estaban conscientes de la función social que la ciencia podía desempeñar en el avance de un país [...] como México y de la contribución que podía esperarse de la ciencia a la solución de problemas concretos. Sin embargo, esa concepción se fue perdiendo al aumentar la inversión extranjera directa y la dependencia económica y tecnológica de la nación. Consecuentemente, la investigación científica y tecnológica fue quedando cada vez más aislada de las necesidades socioeconómicas del país (Casas, 1985: 48).

En 1952, con la fundación de la Ciudad Universitaria, empiezan a consolidarse grupos de investigación y a partir de ahí el crecimiento de la ciencia del país empieza a ser progresivo. Mientras que en América Latina, a mediados de los años sesenta, se aceleraba la formulación de políticas científicas y tecnológicas promovidas por organismos internacionales principalmente por la UNESCO y la OEA, así como por el acuerdo celebrado por los presidentes de América, en Punta del Este en 1967, en el que se estableció que la ciencia y tecnología eran instrumentos claves para el progreso de la región. Ello motivó a la comunidad científica mexicana, agrupada en el INIC, a crear un documento de política nacional y a implementar programas en ciencia y tecnología para orientar la política científica y tecnológica, sugería además crear un organismo para instrumentarla, al estilo de otros consejos latinoamericanos creados en esa época. A finales de los años sesenta, gracias a la participación de la comunidad académica, México se había insertado en el proceso de internacionalización de la política en ciencia y tecnología.

La visión del estado general que guardaban la ciencia y la tecnología en el país a mediados de los años sesenta: 1) el gasto en investigación y desarrollo (I+D) realizado por el país en esos años era de aproximadamente 0.07% con respecto al Producto Nacional Bruto; 2) alrededor de 73% de ese gasto era financiado directa o indirectamente por el gobierno federal, y el resto por instituciones nacionales privadas y organismos internacionales, y 3) la mayor parte de esos recursos se destinaba a la investigación básica y a la formación de personal científico, siendo muy reducidos los fondos canalizados a la investigación aplicada (Urquidí y Lajous, 1969: 59).

Ya en la década de los setenta, en un contexto de creciente predominio del capital trasnacional y decadencia del modelo de sustitución de importaciones, predominó la concepción de la ciencia como motor del progreso y el gobierno se propuso reducir la dependencia económica del país con el exterior. En aquella época el presidente Luis Echeverría creyó que la manera de proteger a la nación tanto de intereses privados internos como extranjeros y de superar los desequilibrios e ineficiencia de la planta productiva era por medio de una asociación entre el Estado y el capital privado mexicano. En los primeros seis años de esta etapa se adoptaron diversas medidas como promover el desarrollo de la industria, la cual tenía una gran dependencia de capital, insumos y tecnología extranjero; fomentar la inversión en servicios sociales, tales como salud, educación y vivienda; incrementar el gasto público; y se creó el

Conacyt, el cual estaba encargado de coordinar, planear y evaluar la política científica y tecnológica vinculándola con el desarrollo de México.

Durante los años setenta Conacyt basó su política en 4 programas: 1) formación de recursos altamente calificados, principalmente en el extranjero. 2) Los programas indicativos de investigación, relacionados con la alimentación, el aprovechamiento de los recursos minerales y de los recursos marinos, el sector agropecuario y forestal, la ecología, la demográfica y la salud. También se estableció un programa de ciencias básicas y otro para las ciencias de la educación. Los logros de estos programas fueron desiguales ya que tenían la propiedad de otorgar apoyos aislados a las investigaciones en las áreas mencionadas, pero no la posibilidad de planear ni conducir racionalmente el desarrollo de la ciencia y la tecnología. 3) Elaboración de un diagnóstico de las actividades de ciencia y tecnología, en el que participó la comunidad científica conjuntamente con los funcionarios del Conacyt, la utilidad del diagnóstico no tuvo la continuidad deseada. 4) Elaboración del Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología a fines de 1976, se trató del primer ejercicio en el que participaron actores provenientes de diversos sectores y que dio lugar a un diálogo entre diferentes culturas: la académica, la burocrática y la económica (Casas, 1986: 37).

Con la creación del Conacyt se dio la institucionalización de la política en ciencia y tecnología, se pasó de la idea de la ciencia como promotora del progreso a una concepción impulsada principalmente por la cultura académica, enfocada al cultivo de la ciencia en sí misma, y se favoreció la participación de los científicos en la planeación de la política científica y tecnológica.

Sin embargo, debido al elevado endeudamiento externo, el aumento del déficit fiscal, la fuga de capitales, la alta inflación y la devaluación del peso, en 1976 México entró en una fuerte crisis económica. Dos años después cambiaría radicalmente la concepción de la ciencia, y en este marco el Conacyt dio a conocer el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología 1978-1982⁶; de la idea de la ciencia como motor del progreso, para revertir el atraso científico y

⁶ El programa se proponía, entre otras cosas, elevar paulatinamente el gasto nacional en ciencia y tecnología hasta aproximarse al 1% del PIB en 1982; estimular el desarrollo de nuevas áreas prioritarias de investigación —básica, agropecuaria y forestal, pesca, nutrición y salud, energéticos, industria, construcción y comunicaciones, desarrollo social y administración pública—; vincular el sistema nacional de ciencia y tecnología con los sectores público y privado; formar recursos humanos que derivaran de las demandas de

tecnológico estimulando principalmente el lado de la oferta de conocimientos, se pasó a una concepción que buscaba vincular oferta y demanda.

En América Latina se puede observar que a lo largo de la década de los setenta los gobiernos valorizaron el papel que jugaba la política científica y tecnológica. «En México como resultado de esto entre 1971 y 1981 el gasto federal en ciencia y tecnología se triplicó, pasando de 0.15 a 0.46% como proporción del PIB; en el Conacyt en ese mismo periodo el gasto creció a una tasa de 53.1% anual en promedio» (Lusting, 1989). El gobierno aumentó los recursos destinados a la educación superior pública, se crearon varias universidades, institutos tecnológicos y centros e institutos de investigación y desarrollo tecnológico, la mayor parte ubicados en la zona metropolitana de la Ciudad de México⁷.

No obstante, a pesar de todos los esfuerzos no se alcanzó la meta de destinar el 1% del PIB para actividades de ciencia y tecnología y tampoco se cumplió el objetivo de vincular la oferta y la demanda, ya que no se logró articular las políticas en esos campos con el sector productivo ni con las orientaciones del sistema educativo. «Aunque los planes y programas se diseñaron bajo la idea de que la oferta de recursos humanos y tecnología local generaría su propia demanda, bajo una concepción basada en el empuje de la ciencia, no se crearon los mecanismos institucionales y financieros para apoyar el proceso» (Leff, 1985: 194).

Debido al interés del Estado de planear las actividades de ciencia y tecnología por medio del Conacyt, durante la primera mitad de los años setenta surgió un debate entre los científicos de las ciencias básicas, las ciencias sociales y los tecnólogos, en torno a la conveniencia de avanzar hacia la idea de la ciencia como solucionadora de problemas, predominante en los países desarrollados. Para el primer grupo la definición de líneas

los sectores de investigación; estimular la generación y adaptación internas de tecnología para reducir el costo financiero de su transferencia; e inducir la adopción de tecnología congruente con la magnitud y características de la oferta de mano de obra (Conacyt, 1978).

⁷ Se creó la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), las universidades de Ciudad Juárez, de Baja California Sur, de Chiapas y la Universidad Agraria Antonio Narro, la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, y los institutos de Estudios Superiores de Tlaxcala y de Ciencia y Tecnología de Aguascalientes se transformaron en universidades. Entre 1970 y 1976 el número de institutos tecnológicos aumentó de 19 a 47 (Bravo Ahuja y Carranza, 1976). Entre los centros e institutos de investigación y desarrollo tecnológico destacan el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE); el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE); el Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS); la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso); el Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE); el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (Inireb); el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); el Centro de Investigación y Asistencia Técnica de Querétaro (Ciateq), y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (Ciatej) (SEP-Conacyt, 1998).

prioritarias significaba una amenaza a la libertad de investigación y, por el contrario, los otros dos veían como un esfuerzo positivo vincular los resultados de las investigaciones con los objetivos del desarrollo del país⁸.

Es así que se perfilan orientaciones distintas en la cultura académica: una defendida por los científicos de las ciencias básicas de corte liberal/universal que demandaban al Estado mayores recursos para la investigación pero sin subordinarla a las necesidades sociales; la otra sostenida por los científicos sociales y tecnólogos, que aceptaba vincular sus actividades a la solución de los problemas sociales (Saldaña y Medina Peña, 1988: 1118-1120).

A finales de esta década se puede observar que en las políticas puestas en marcha prevaleció la concepción de la ciencia como una actividad universal, libre y valiosa en sí misma. Durante ese periodo el desarrollo de la ciencia y la tecnología se caracterizó por un enfoque institucional que seguía el modelo que imperó como paradigma dominante a nivel internacional, basado en el modelo lineal de producción de conocimiento, y cuyo objetivo era impulsar el desarrollo tecnológico incrementando la oferta de ciencia y tecnología; no obstante, la poca tecnología propia con la que se contaba se volvió obsoleta y dicho enfoque no encontró respuesta en el sector privado, ya que éste mostró poco interés en el desarrollo de actividades científicas y en el uso del conocimiento producido por las universidades. Como resultado se llegó a la década de los ochenta sin una política científica y tecnológica orientada al desarrollo industrial cuyo objetivo fuera crear tecnología propia.

Se trata de un periodo en el que la ciencia y la tecnología recibieron los impactos de un complejo de fuerzas de grupos con intereses políticos y económicos encontrados, en una sociedad que carecía de una apreciación correcta del papel de la ciencia y la tecnología para hacer de un proceso de desarrollo, un proceso menos dependiente (Wionzcek, 1980: 14-15).

Entre 1960 y 1980, en América Latina se pone en evidencia el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones, aunque se produjo un crecimiento se dio con una escasa equidad social, la industrialización fue poco dinámica en sectores estratégicos y estuvo sesgada hacia los

⁸ Sobre este tema consultar Casas, Rosalba y Ponce, Carlos (1986) y Wionzcek M. (1980).

bienes de lujo, no se acompañó con un esfuerzo significativo de los empresarios en I+D, el fortalecimiento de las pequeñas y medianas empresas fue insuficiente y el crecimiento de la deuda externa constante. Paralelamente, se generalizan las dictaduras militares. Sin embargo, Argentina y Brasil fueron algunas excepciones del éxito que alcanzaron las políticas explícitas de desarrollo científico y tecnológico; por ejemplo, las relacionadas con la energía nuclear en Argentina —que coincidió cuando Jorge Sábato fungía como director de científicos, tecnólogos y gestores, y se conceptualiza el denominado triángulo de relaciones—, y del sector aeronáutico y de energías basadas en la biomasa en Brasil (Dagnino, R. *et ál.*, 1996). Debido a los regímenes militares, en esta etapa se da un proceso de masificación de universidades, creación de institutos de investigación y migraciones científicas, lo cual beneficia a los países receptores como México y Venezuela.

Por su parte, en los ochenta México entra en una fuerte recesión económica debido a varias razones: excesivo endeudamiento externo, caída de los precios internacionales del petróleo, reducción de exportaciones, expansión del gasto público, elevado déficit presupuestal, entre otras. Con la crisis de 1982 se pusieron de manifiesto varios problemas estructurales derivados del viejo modelo de desarrollo.

a) la incapacidad de la industria manufacturera mexicana para producir sus propios insumos y bienes de capital, así como para aumentar su capacidad exportadora y competitividad internacional; b) la fuerte dependencia de la economía mexicana respecto de la tecnología extranjera; c) la escasa vinculación de los centros e institutos de investigación con los sectores productivos; d) la existencia de una estructura industrial heterogénea, concentrada en pocas grandes empresas, con niveles diferentes de escala, productividad, precio y calidad, y e) la débil o insuficiente integración de pequeñas y medianas industrias dentro de la estructura productiva (De María y Campos, 1987: 70).

Ante esta situación el gobierno del presidente Miguel de la Madrid (1982-1988) adoptó varias medidas: formuló el Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (Prondetyc) 1984-1988, en el cual se hace énfasis en el papel que debe desempeñar la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país y en la disminución de la dependencia tecnológica; vinculó la estrategia del cambio estructural de la economía con la investigación; y estableció estímulos fiscales para

fomentar la investigación, el desarrollo tecnológico y la comercialización de la tecnología nacional.

El Prondetyc no sólo tomó en cuenta la investigación, sino también el enlace producción-investigación, el enlace investigación-educación y la difusión de la ciencia y la tecnología. Con ello pretendía aumentar la autodeterminación tecnológica del país e integrar la investigación científica al caudal de recursos para la solución de los problemas específicos (Saldaña y Medina, 1988: 1120).

Durante esta etapa prevalece la concepción de la ciencia como vía para solucionar los problemas mientras que en los países desarrollados la empiezan a ver como una fuente de oportunidades estratégicas. A pesar de las acciones realizadas por el gobierno mexicano, los recursos destinados a los centros e institutos de investigación públicos y al sector educativo — principalmente a las universidades— se vieron reducidos debido a las consecuencias de la crisis económica; no obstante, éste continuó siendo la principal fuente de financiamiento de la investigación científica y tecnológica con más del 80%, mientras que el sector privado y los gobiernos estatales tenían una contribución muy reducida de entre el 10 y el 15% y de tan sólo 1%, respectivamente⁹.

A principios de los ochenta durante la grave crisis económica, la insuficiencia de los salarios de los investigadores y la falta de recursos para trabajar amenazaron con la desintegración de la débil comunidad científica mexicana, iniciada con una progresiva fuga de cerebros, tanto interna como externa, por lo que en 1984 se crea el Sistema Nacional de Investigadores (SNI)¹⁰ para impedir que se perdiera la infraestructura científica y tecnológica que se había creado en el país durante las décadas anteriores.

En 1986 con la introducción del modelo neoliberal se dejó que fueran las empresas quienes decidieran qué y dónde adquirir tecnología, mientras que en los años setenta se indicaba que una prioridad del gobierno era el desarrollo de la CyT con la finalidad de generar tecnología propia para disminuir la dependencia tecnológica; sin embargo, la balanza de pagos

⁹ Para un análisis más profundo ver Hernández Corzo, Rodolfo (1987).

¹⁰ El SNI es un programa de incentivos establecido para reconocer el trabajo de los científicos más calificados y productivos y compensar los bajos salarios de las universidades y centros de investigación. Sus objetivos en ese entonces eran: 1) fomentar el desarrollo científico y tecnológico del país mediante el apoyo a los investigadores de las instituciones de educación superior y de investigación del sector público; 2) determinar el número de investigadores en activo; y 3) estimular la eficiencia y la calidad de la investigación (SEP-Conacyt, 1993).

por concepto de tecnología muestra que México ha recurrido constantemente al exterior y que la idea de autosuficiencia ha quedado muy lejos.

Por otra parte, en la década de los noventa se ve una mayor productividad y competitividad de los países, las políticas de ciencia y tecnología sufren grandes cambios motivados por innovaciones tecnológicas en varios campos —como la informática, los materiales, la biotecnología— que dan como resultado la transformación de los procesos de producción, los productos, la calificación de la fuerza de trabajo, de la estructura organizacional de las empresas, etc. Por lo tanto, ante este panorama se requiere adoptar un nuevo modelo de desarrollo basado en la apertura comercial, para lo cual es indispensable tener una industria más moderna, contar con recursos humanos altamente calificados que puedan incorporar innovaciones científico-tecnológicas y utilizarlas eficazmente. Es por ello, que durante los sexenios de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994) y el de Ernesto Zedillo (1994-2000) los programas de ciencia y tecnología se formularon en un contexto de globalización económica, política, social y cultural. En este periodo también se concibe a la ciencia como vía para solucionar los problemas, pero enfatizando en que para impulsar el desarrollo tecnológico son fundamentales las demandas de las empresas.

En el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994, se establece por primera vez una clara distinción y separación entre las políticas orientadas a la ciencia y aquellas relacionadas con la tecnología y ambas son concebidas como fuentes de oportunidades estratégicas; asimismo, se propuso la modernización y la innovación tecnológica para aumentar la productividad y la competitividad de las empresas mexicanas, elevar el nivel de ingreso y de empleo de los trabajadores, se reconoció la libertad del trabajo de los científicos, y se promovió el avance de las ciencias exactas, naturales, las ingenierías y las ciencias sociales (SEP-Conacyt, 1990).

La política científica de este programa tuvo tres objetivos fundamentales: a) mejorar y ampliar la formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología; b) articular la actividad científica del país con las corrientes mundiales del conocimiento; y c) contribuir al entendimiento de la realidad y de los problemas nacionales en las diversas áreas de la actividad científica (SEP-Conacyt, 1990). La política tecnológica también perseguía tres objetivos: a) elevar la capacidad tecnológica para atender las demandas de bienestar de la población; b) asegurar la participación complementaria de los productores y el gobierno en el desarrollo tecnológico e incrementar la productividad y la competitividad del aparato productivo

nacional; y c) apoyar con tecnologías modernas y adecuadas a las condiciones existentes la prestación eficiente de los servicios sociales —como salud, educación, vivienda y protección del ambiente— (SEP-Conacyt, 1990: 16)¹¹. Se observa una ciencia cercana a la idea de fuente de oportunidades estratégicas por la preocupación de impulsar estas actividades hacia los problemas económicos y sociales del país.

No obstante, vemos como el objetivo central del mismo programa, pero ahora correspondiente al periodo 1995-2000, se modifica y ahora busca «fomentar el desarrollo científico y tecnológico del país para incrementar el nivel de vida de los mexicanos y consolidar nuestra soberanía». Además perseguía, entre otras cosas: 1) lograr un avance significativo de la ciencia y la tecnología que fuese comparable, en calidad y resultados, con el de las naciones desarrolladas; 2) estrechar la colaboración entre el gobierno y las empresas públicas y privadas, de manera que éstas participarán en forma más activa en la promoción, financiamiento y realización de la investigación; 3) estimular la federalización del sistema nacional de ciencia y tecnología y vincularlo con las necesidades sociales; y 4) mejorar la coordinación de las actividades científicas y tecnológicas a nivel nacional, de tal forma que las instituciones tuviesen la capacidad de emprender proyectos de largo alcance. El programa estaba organizado en ocho rubros: a) la formación de profesionales de alto nivel; b) la política científica; c) la política tecnológica; d) la descentralización de las actividades científicas y tecnológicas; e) la difusión del conocimiento científico y tecnológico; f) la coordinación entre las distintas agencias públicas que intervienen en la política científica y tecnológica; g) el intercambio académico internacional; y h) el financiamiento (SEP-Conacyt, 1996).

A lo largo de la década de los noventa las principales concepciones que asumieron las políticas de ciencia y tecnología fueron: 1) predominio de criterios de calidad con base en normas internacionales; 2) la búsqueda de la excelencia en la formación de recursos humanos de alto nivel; 3) el mejoramiento de los procesos y criterios de evaluación; 4) la asignación de fondos mediante mecanismos de concurso y competencia; 5) una

¹¹ Para alcanzar ambos objetivos el programa definió doce estrategias entre las cuales destacan: aumentar los recursos públicos y privados destinados a la ciencia y la tecnología; orientar la investigación científica y tecnológica hacia problemas sociales; concertar acuerdos dirigidos a fortalecer la capacidad científica y tecnológica de las instituciones académicas; establecer procedimientos precisos para la asignación de recursos y la evaluación de resultados de los centros de investigación y desarrollo; asegurar que la formación de recursos humanos se integre con las actividades de investigación y desarrollo y con las necesidades de los sectores productivo y social; impulsar el mejoramiento tecnológico del aparato productivo del país; y alentar la captación de ciencia y tecnología generada en el exterior (SEP-Conacyt, 1990).

vinculación más estrecha de la investigación básica y el desarrollo tecnológico con el sector productivo, y 6) la reorientación de la demanda de educación superior hacia disciplinas que requiere el desarrollo del país, particularmente las ciencias exactas y las ingenierías (Casas, 1994: 187-192).

Durante la década pasada nuestro sistema nacional de ciencia y tecnología se caracterizó por emplear criterios basados en el patrocinio de las actividades y se fortaleció en la parte de financiamiento, formación de recursos humanos y apoyo a la investigación básica. En ese lapso el gasto del gobierno federal destinado a ciencia y tecnología (GFCyT)¹² se incrementó pasando de 0.28 a 0.41% del PIB; sin embargo, no llegó a alcanzar el 1.5% recomendado por la UNESCO. Mientras que el gasto en investigación y desarrollo experimental (GIDE)¹³ como proporción del PIB pasó de 0.29% en 1994 a 0.34% en 1997; pero tampoco alcanzó la meta de destinar 0.7% (SEP-Conacyt, 1999).

En la distribución del GIDE por sectores, durante el trienio 1994-1997, se puede observar que en orden de participación encontramos a las instituciones de educación superior con 42%, las dependencias del gobierno federal 34% y el sector productivo 22%, mismo que, y a pesar de que aumentó su participación en los últimos años, es el que menos invierte en investigación y desarrollo experimental (IDE), lo cual era contradictorio con los programas gubernamentales de esa época.

Asimismo, se siguió fortaleciendo la concepción de la ciencia centrada en el lado de la oferta, es decir, de la investigación básica. Los logros en la descentralización o federalización de las actividades de investigación y desarrollo fueron muy limitados, ya que datos del SNI muestran que la mayor concentración está en la UNAM, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y en algunas universidades estatales.

¹² El GFCyT es el conjunto de erogaciones que por concepto de gasto corriente, inversión física, inversión financiera, así como pago de pasivos o deuda pública, realizan las secretarías de Estado y los departamentos administrativos, la Procuraduría General de la República (PGR), los organismos públicos autónomos, los organismos descentralizados, las empresas de control presupuestario directo e indirecto y los fideicomisos en los que el fideicomitente sea el gobierno federal para el financiamiento de las actividades científicas y tecnológicas, principalmente (Conacyt, 2006).

¹³ La IDE es un instrumento que tienen los países para contribuir al avance en materia económica y de bienestar. Existen diversas evidencias empíricas que muestran una relación estrecha entre la inversión en IDE y el desempeño económico. En Estados Unidos se estima que casi 50% del crecimiento de la economía en el último medio siglo se explica por su avance tecnológico (Conacyt, 2003).

V.1. Caracterización del estado del desarrollo científico y tecnológico

Como ya se mencionó, en el periodo 2001-2006 se presenta el PECyTen el que se establece una estrategia denominada «México visión 2025», lo innovador de esta nueva política es la existencia de una visión a largo plazo, lo cual es sumamente significativo y esencial para un enfoque de política económica.

En el PECyT se combinan elementos de las diferentes concepciones de la ciencia que estuvieron vigentes en las políticas científicas y tecnológicas a lo largo de las cinco últimas décadas: la ciencia como motor del progreso, como vía para solucionar los grandes problemas nacionales y como elemento estratégico para la competitividad internacional. Su propósito era elevar el nivel de vida y bienestar de la población e incrementar la competitividad del país y para lograrlo se establecieron tres objetivos. 1) Disponer de una política de Estado, punto que fue aprobado como parte de la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica de 1999 (LFICYT)¹⁴. Las metas específicas de este objetivo eran estructurar el sistema nacional de ciencia y tecnología; adecuar la Ley Orgánica del Conacyt para que pueda cumplir con sus funciones; impulsar las áreas estratégicas para el desarrollo del país; descentralizar las actividades científicas y tecnológicas; y acrecentar la cultura científico-tecnológica de la sociedad mexicana. 2) Incrementar la capacidad científica y tecnológica, para lo cual se plantea elevar el presupuesto; aumentar el personal; promover la investigación básica, la aplicada y la tecnología; ampliar la infraestructura de ciencia y tecnología, incluyendo la

¹⁴ Elaborada por el Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República, la SEP, el Conacyt, la Academia Mexicana de Ciencias y la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, presentada por el Ejecutivo al Poder Legislativo y discutida por este órgano con la comunidad científica, representantes de las entidades federativas, dirigentes nacionales del sector empresarial y aprobada en abril de 1999. En este documento se plasma un conjunto de modificaciones que viene a reglamentar diversos aspectos de la política en ciencia y tecnología y fortalecía o redefinía algunas concepciones vigentes. El énfasis está puesto en las acciones de coordinación para la definición de políticas, tanto entre dependencias y entidades de la administración pública federal como en otras instituciones, en la comunidad científica y académica y en los sectores público, social y privado. Uno de los puntos a resaltar es que establece que «el sector privado externó la conveniencia de otorgar mayores estímulos fiscales y fortalecer su vinculación con las instituciones de investigación y académicos, lo que en gran parte influirá en la inversión privada hacia la tecnología [...]» (SEP-Conacyt, 2001). No obstante, sigue imperando en los planteamientos que justifican la nueva ley el modelo lineal, en el que la producción de conocimiento es importante para la generación de tecnología (LFICYT, 1999). Asimismo, un mecanismo incluido bajo el nombre de Foro Permanente de Ciencia y Tecnología, como órgano autónomo de consulta del poder ejecutivo, «parte de la premisa de que el desarrollo de la investigación requiere de una participación activa y comprometida de todos los actores involucrados en el proceso de investigación científica y tecnológica» (SEP-Conacyt, 2001).

educación básica, media y superior; y fortalecer la cooperación internacional. 3) Elevar la competitividad y el espíritu innovador de las empresas para revertir los efectos de la apertura y la globalización —con miras a generar empleos mejor remunerados y crear empresas de base tecnológica—, incrementar la inversión del sector privado, promover la gestión tecnológica en las empresas y la incorporación de personal científico y tecnológico de alto nivel en las mismas, y fortalecer la infraestructura orientada a la competitividad y la innovación (SEP-Conacyt, 2001). Los tres objetivos mencionados se expresan en una serie de indicadores que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8		
Principales indicadores de CyT		
INDICADOR	2001	2006
Inversión nacional en CyT como porcentaje del PIB	0.60	1.50
Gasto en I+D como porcentaje del PIB	0.4	1.00
Porcentaje del gasto total del gobierno federal destinado a CyT	2.00	4.00
Participación del sector productivo en el gasto I+D	26%	40%
Número de personas dedicadas a I+D	25,000	80,000
Número de personal dedicado a I+D por cada 1,000 de la PEA	0.70	2.0
Porcentaje de investigadores en el sector productivo	20%	40%
Formación de doctores por año	1,100	2,300
Posición mundial en infraestructura científica	48	37
Posición mundial en infraestructura tecnológica	46	34
Fuente: SEP-Conacyt (2001: 28).		

En el PECyT se continúa planteando un apoyo importante a la oferta, es decir, al incremento del gasto y de las capacidades en ciencia, particularmente en el campo de la investigación básica; se acentúa la idea de apoyar la investigación orientada a solucionar los grandes problemas nacionales, en particular los relacionados con un conjunto de sectores prioritarios y áreas de conocimiento de nuevas tecnologías; se plantean estrategias para incrementar las actividades de innovación y de competitividad de las empresas; se enfatiza en la idea de regionalizar y desconcentrar las actividades de ciencia y tecnología para llegar a la definición de sistemas de innovación regionales; y se introduce la concepción de programas sectoriales que guiarán gran parte de los apoyos a estas actividades. Finalmente, este programa persigue la interacción de la oferta y la demanda, la creación de un sistema de ciencia y tecnología

integrado y la formación de redes entre quienes producen el conocimiento y lo utilizan (SEP-Conacyt, 2001).

El PECyT está estructurado en cuatro etapas, en las que se pretende que la situación deseable sea:

La primera, del año 2001 al 2006, de estructuración institucional de su sistema de ciencia y tecnología, en la que el país pasará de invertir el 0.4% de su PIB en IDE a el 1%, completando su plataforma inicial del Sistema Nacional de Centros de Investigación para cubrir las áreas estratégicas del conocimiento de mayor dinamismo mundial, para así poder contar con el número y calidad de investigadores y de personal con posgrado con capacidad para generar y asimilar los avances del conocimiento y las tecnologías provenientes del exterior, reflejándose en un incremento en el impacto de la producción científica. Además, incorporará a un número importante de empresas en labores de gestión tecnológica para mejorar su posición competitiva. Con estas acciones México dejará al grupo de países de baja competitividad en ciencia y tecnología —posiciones 35 al 49 de la clasificación del International Institute for Management Development (IMD)— y se incorporará al grupo siguiente de competitividad, alcanzando la posición 34.

La segunda, de despegue, del año 2007 al 2012, en los cuales continuó el esfuerzo de incrementar la inversión en investigación científica y tecnológica, alcanzando el valor del 1.5% del PIB y logró avanzar a la posición 28 de la clasificación del IMD en ciencia y tecnología. En esta fase se incrementaron los indicadores de producción científica y tecnológica y en las empresas se pasó de la actividad de asimilación de tecnologías a la de adaptación creativa de las mismas, generándose un considerable número de patentes y de artículos científicos arbitrados, que alcanzaron el 0.8% de la producción mundial.

La tercera, de desarrollo rápido, del año 2013 al 2018, al final de los cuales se alcanzó el valor de 2.0% del PIB en IDE, y la producción científica y tecnológica se elevó considerablemente, medida en términos de publicaciones arbitradas citadas por otros investigadores y en patentes concedidas a nacionales. Las empresas, en número creciente pasaron de la etapa de adaptación de tecnologías a la de generación de tecnologías propias en ramas seleccionadas de actividad, alcanzando una balanza comercial en productos y servicios de alta tecnología, excluyendo la maquila, del 0.7 —exporta 70 de cada 100 que importa— Con esto, México logró ingresar al grupo de

países de competitividad que son inmediatos seguidores de los líderes mundiales, colocándose en la posición 24 de la clasificación de la IMD en ciencia y tecnología.

Finalmente, en la cuarta etapa de consolidación competitiva de México en el grupo de países con ciencia y tecnología de vanguardia, llegó al año 2025 invirtiendo por arriba del 2% de su PIB en IDE, colocándose en el primer grupo de 20 países de alta competitividad en ciencia y tecnología. La producción científica alcanzó el 1.2% respecto a la mundial y se conformó un grupo importante de empresas de vanguardia que no sólo generaron tecnología, sino que la exportaron. Con esto, México logró un equilibrio en su balanza comercial de bienes y servicios de alta tecnología (Poder Ejecutivo Federal, 2002: 80).

Cabe señalar que el PECyT establecía como visión al finalizar la primera etapa; es decir, para el 2006 que:

México tendrá una mayor participación en la generación, adquisición y difusión del conocimiento a nivel internacional y la sociedad aumentará considerablemente la cultura científica y tecnológica, disfrutando de los beneficios derivados de ésta. El progreso científico y tecnológico estará incorporado a los procesos productivos del país, acelerando así su crecimiento económico (Poder Ejecutivo Federal, 2002: 64).

En este contexto, los actores que deben participar impulsando esta política que promueve la innovación son: el Estado mexicano, con una participación decidida y clara; las universidades y los centros de investigación, que requieren fortalecerse para incrementar la capacidad científica; y la existencia de empresas de calidad para aumentar la competitividad del país.

En junio de 2002 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la nueva Ley de Ciencia y Tecnología (LCT) —que deroga la LFICYT— y la nueva Ley Orgánica del Conacyt. La LCT tiene entre sus principales objetivos: regular los apoyos que el gobierno otorga para alentar el desarrollo científico y tecnológico; determinar los instrumentos mediante los cuales el gobierno proporcionará los apoyos; establecer mecanismos de coordinación entre los diversos actores involucrados en el desarrollo científico y tecnológico y con los gobiernos de las entidades federativas; y, por último, vincular la investigación científica y tecnológica con la educación.

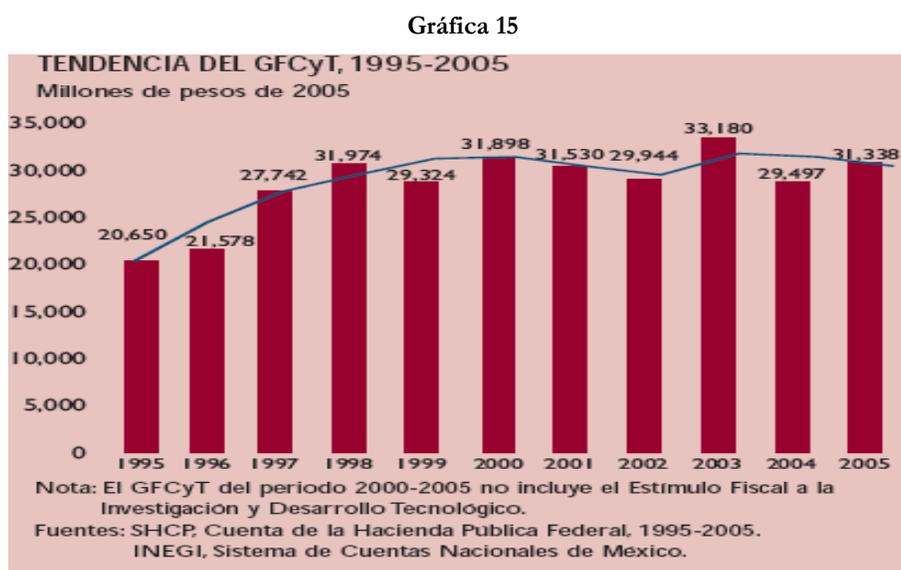
En septiembre de 2004 se adicionó un artículo a esta ley en el cual se especifica que el monto anual que el Estado, las entidades federativas y los municipios destinen a las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, no podrá ser menor al 1% del PIB, mediante los apoyos, mecanismos e instrumentos previstos en la LCT.

En los siguientes apartados analizaré el desarrollo del PECyT 2001-2006 utilizando el *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología en México 2006* que realizó el Conacyt. Para ello, seleccioné los siguientes temas: financiamientos en las actividades de ciencia y tecnología, recursos humanos, publicaciones, patentes y balanza de pagos por concepto de tecnología.

V.2. Financiamiento en ciencia y tecnología

Hemos visto que el esfuerzo de un país por impulsar y capitalizar las actividades de ciencia y tecnología se expresa por medio de la inversión realizada en este campo. El informe general del Conacyt se refiere al Gasto Federal en Ciencia y Tecnología (GFCyT) que comprende las tres actividades científicas y tecnológicas: a) recursos destinados a la IDE; b) recursos para educación y enseñanza científica y técnica —educación de posgrado—; y c) recursos destinados a servicios científicos y tecnológicos (Conacyt, 2006)

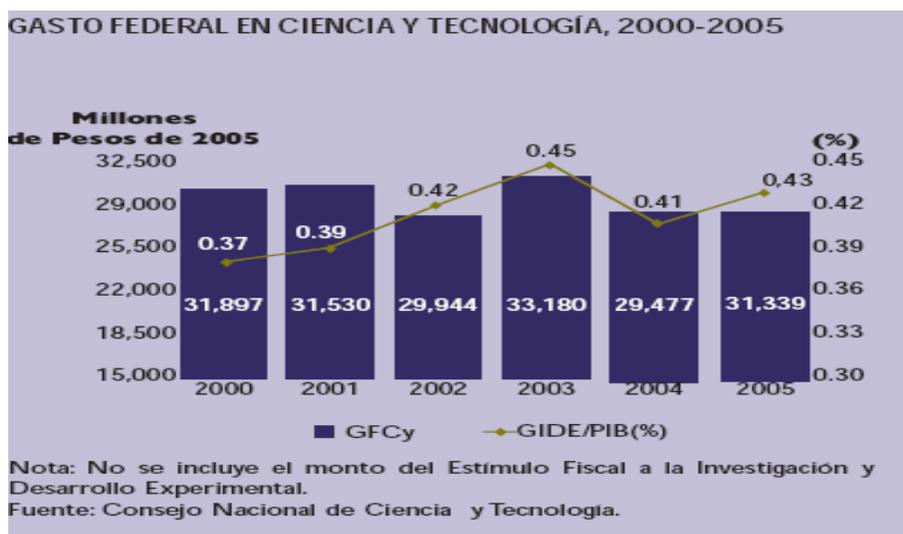
En la siguiente gráfica se puede apreciar la tendencia que ha tenido el GFCyT en México de 1995 a 2005.



Fuente: Conacyt (2006).

La gráfica 16 señala que en 2004 el GFCyT ascendió a 29,477 millones de pesos, de los cuales el 0.41% se destinó al GIDE; mientras que en el 2005 se erogaron 31,339 millones de pesos, y de éstos sólo el 0.43% correspondió a este mismo gasto.

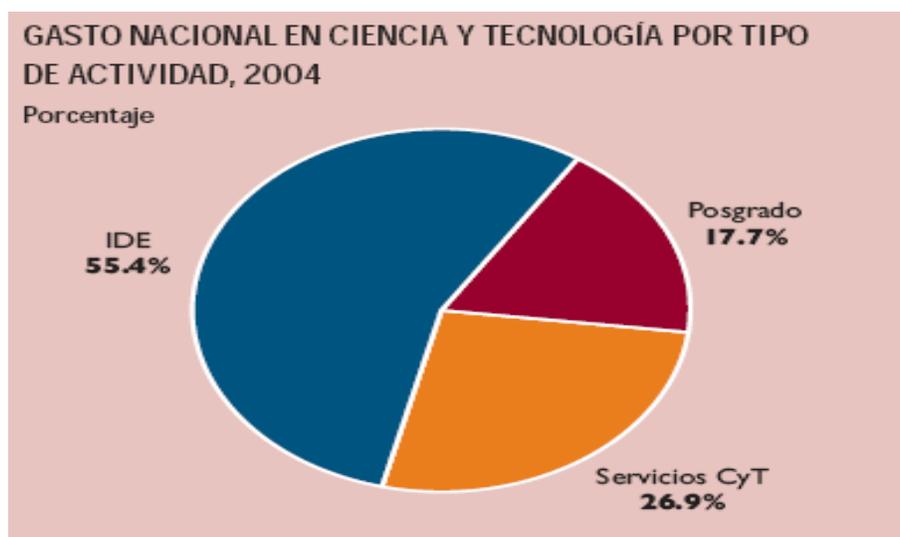
Gráfica 16



Fuente: Conacyt (2006).

En la gráfica 17 se observa que en 2004 la mayor parte de los recursos se invirtieron en GIDE (55.4%), en educación de posgrado (17.7%) y en servicios científicos y tecnológicos (26.9%).

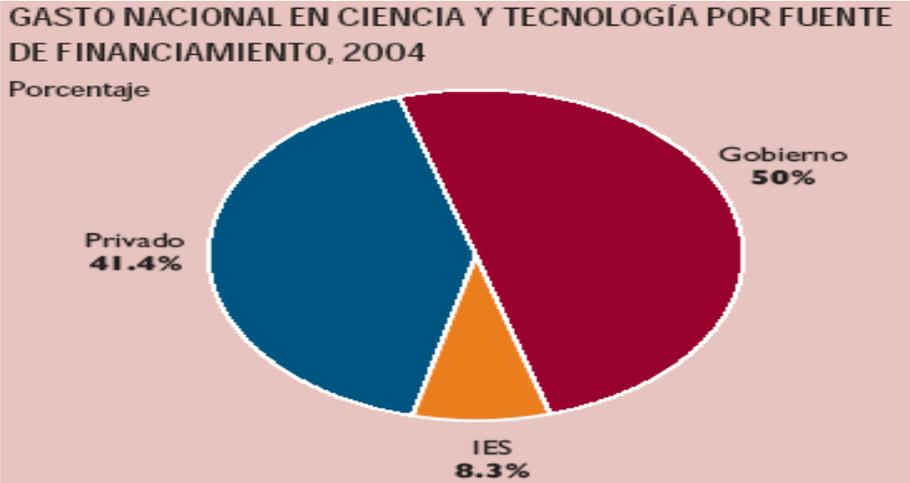
Gráfica 17



Fuente: Conacyt (2006).

Cabe señalar que la principal fuente de recursos para la ciencia y la tecnología en México continúa siendo el gobierno, el cual financió la mitad del gasto nacional; en segundo lugar se encuentra el sector privado —que incluye a las empresas, familias y el sector externo—, con el 41.4% del total; y en tercer lugar están las instituciones de educación superior que en su conjunto erogaron el 8.3% con recursos propios (gráfica 18).

Gráfica 18



Fuente: Conacyt (2006).

Es interesante ver cuáles son los principales sectores que participan en el GFCyT. Las siguientes dos gráficas muestran estos sectores y cómo ha evolucionado dicha participación.

Gráfica 19



Fuente: SHCP, Cuenta de la Hacienda Pública Federal, 1995-2005.

Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 20



Fuente: Conacyt (2006).

Resalta el hecho de que México se encuentra entre los primeros diez lugares del mundo respecto a su PIB y a pesar de ello, al contrastar la inversión en IDE, se encuentran grandes rezagos con otros países, como se muestra en el cuadro 9. La relación GIDE-PIB nacional en 2004 fue de 0.41%, lo que nos coloca como la nación de la OCDE con menor proporción de inversión respecto al PIB (Conacyt, 2005).

Cuadro 9

PARTICIPACIÓN DEL GIDE EN EL PIB POR PAÍS, 2004
Porcentaje

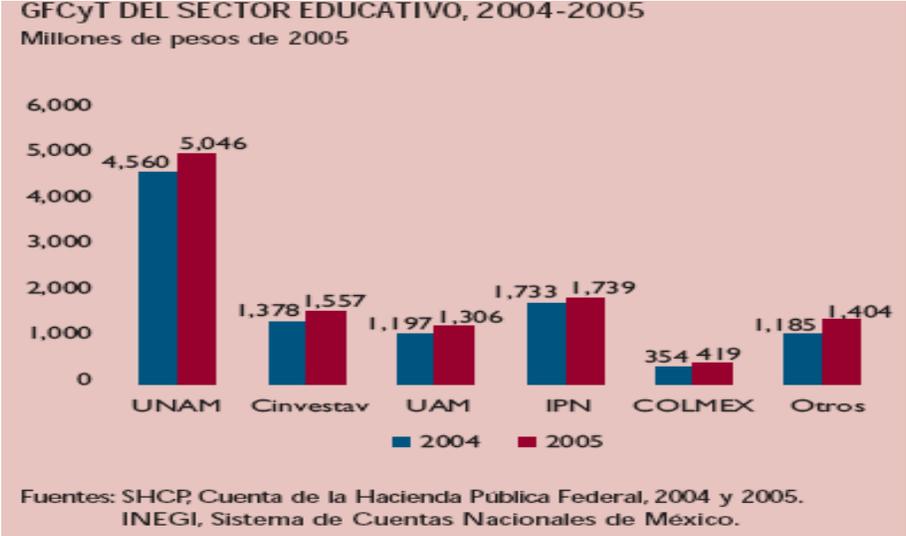
País	GIDE/PIB %
Argentina	0.41
México	0.41
Chile	0.60
Cuba	0.65
India	0.84
Brasil	0.95
China	1.23
España	1.07
Canadá	1.99
Alemania	2.49
Estados Unidos	2.68
Corea	2.85
Japón	3.13
Finlandia	3.51
Suecia	3.95
Promedio OCDE	2.26
Promedio Unión Europea	1.81
Promedio Latinoamérica	0.57

Fuentes: Conacyt-INEGI, Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Experimental, 2004. OECD, Main Science and Technology Indicators, 2006-1. RICYT, Indicadores Iberoamericanos de Ciencia y Tecnología, sitio Web (www.ricyt.edu.ar).
Nota: Se refiere a 2004 o al dato más reciente.

Fuente: Conacyt (2006).

También hay que mencionar que en 2005 el sector educativo tuvo una inversión en ciencia y tecnología de 11,471 millones de pesos, cifra que representó el 36.6% (gráfica 21).

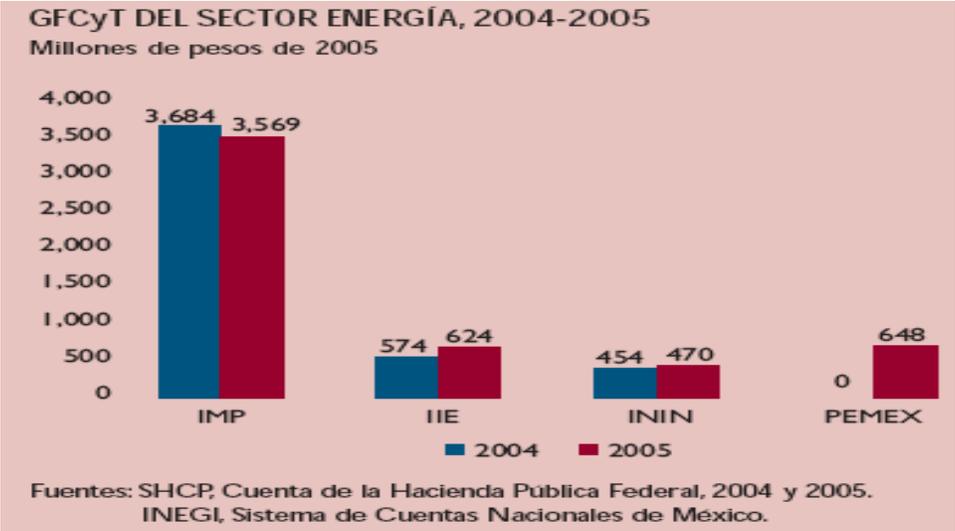
Gráfica 21



Fuente: Conacyt (2006).

La gráfica 22 muestra que en ese mismo año la inversión del sector energía en ciencia y tecnología fue de 5,310.9 millones, lo que constituyó el 16.9% del total del GFCyT.

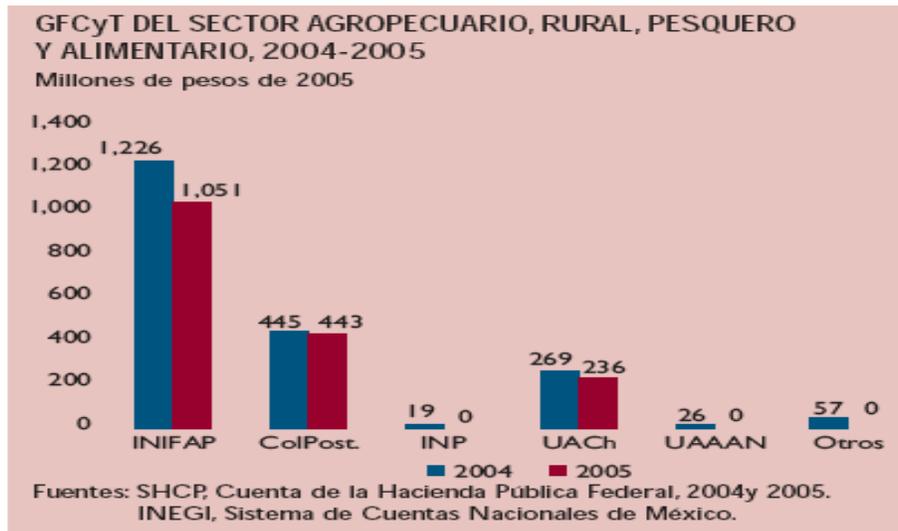
Gráfica 22



Fuente: Conacyt (2006).

Mientras que la gráfica 23 indica que la inversión en ciencia y tecnología del sector agropecuario, rural, pesquero y alimentario, fue de 1,730.7 millones; es decir, el 5.5% del gasto mencionado.

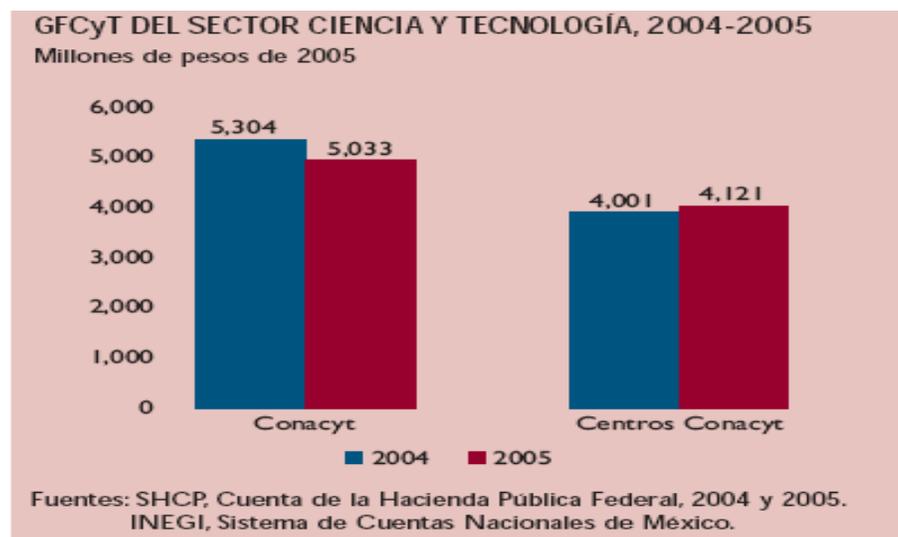
Gráfica 23



Fuente: Conacyt (2006).

Por último, la gráfica 24 señala que el GFCyT del sector ciencia y tecnología fue de 9,154.3 millones de pesos (29.2% del total).

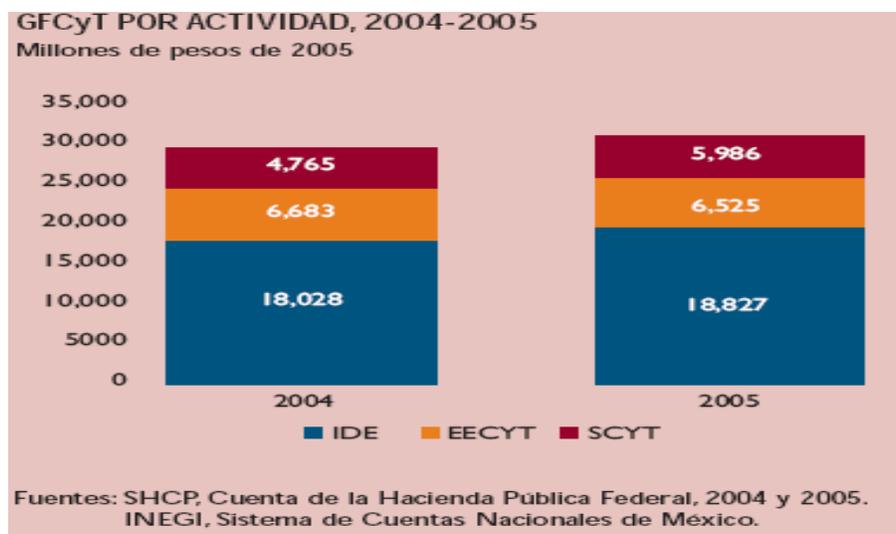
Gráfica 24



Fuente: Conacyt (2006).

En 2005, a partir de la recomendación emitida por la UNESCO, y reconocida por la OCDE, para la clasificación de actividades científicas y tecnológicas, México dividió el GFCyT por actividad. De esta forma, y como podemos apreciar en la siguiente gráfica, el GIDE tuvo una participación del 60.1%; el Gasto en Educación y Enseñanza Científica y Técnica (GEECyT) del 20.8%; y el Gasto en Servicios Científicos y Tecnológicos (GSCyT) de 19.1%.

Gráfica 25



Fuente: Conacyt (2006).

A partir de los datos anteriores se puede concluir que los objetivos planteados en el PECyT para el año 2006, como el de destinar el 1.5% del PIB a ciencia y tecnología, y del cual el 1% se dedicaría a la investigación y desarrollo, el 0.20% a los posgrados y el 0.30% a los servicios tecnológicos, no se cumplieron.

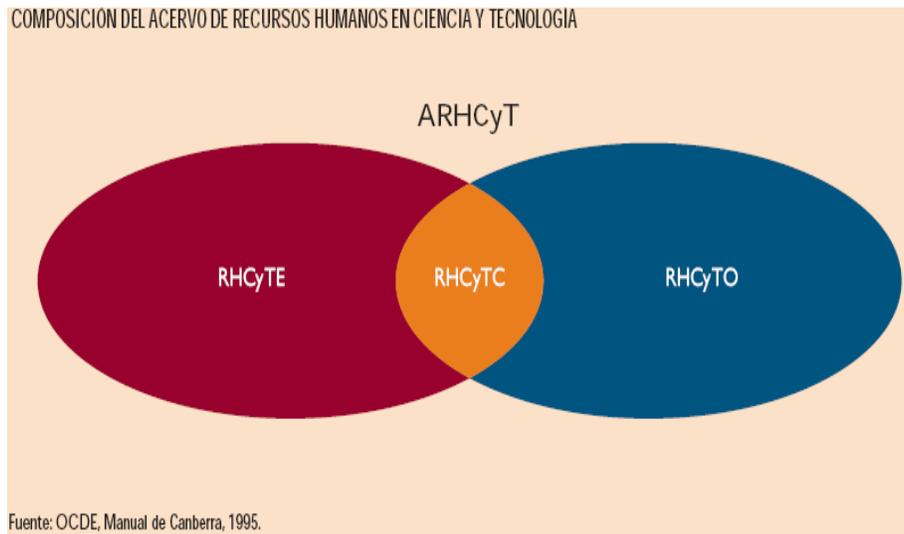
V.3. Formación de recursos humanos

Respecto al acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología (ARHCyT)¹⁵ en el *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología en México 2006*, se hace una clasificación de acuerdo a criterios ocupacionales (gráfica 26).

¹⁵ En el Manual de Canberra se define al ARHCyT como el subconjunto de la población que ha cubierto satisfactoriamente la educación superior de tercer nivel, de acuerdo con la Clasificación Internacional

Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología (RHCyTO), que estén ocupados en actividades clasificadas como de ciencia y tecnología y educacionales. Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología que tengan preparación de nivel técnico profesional superior (RHCyTE). El componente central del acervo lo constituyen las personas que cumplen con los dos criterios, pues además de tener el nivel de estudios requerido están empleadas en este tipo de actividades, son los Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología Capacitado [...] (Conacyt, 2006: 36).

Gráfica 26



Fuente: Conacyt (2006).

En el 2005 el número de personas en RHCyTE fue de 7,435.4; en RHCyTO de 4,941.6; y en RHCyTC de 3,157.7 (Conacyt, 2006: 39).

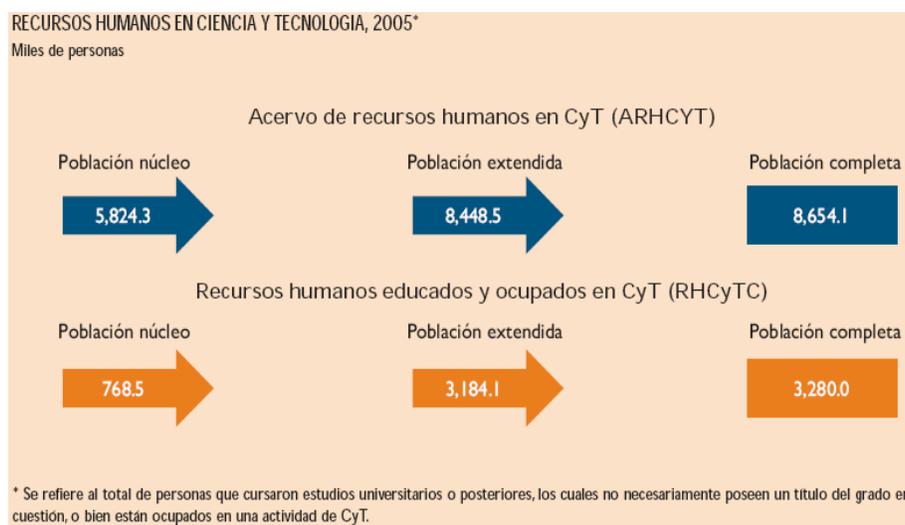
Por su parte, el Manual de Canberra de la OCDE clasifica las disciplinas o áreas del conocimiento para medir los acervos de los recursos humanos en ciencia y tecnología¹⁶. Así, en términos de escolaridad se considera una población núcleo a la que incluye las disciplinas en el nivel de licenciatura o superior de los diferentes campos de la ciencia. Si a esta población

Normalizada de la Educación (ISCED), en un campo de la ciencia y la tecnología; y/o está empleada en estos campos que generalmente requieren estudios de este nivel. De acuerdo con la ISCED, el tercer nivel comprende los niveles educativos posteriores al bachillerato, estudios conducentes a grados universitarios o superiores —ISCED 5A: licenciaturas; ISCED 6: especialidades maestrías y doctorados— y estudios no equivalentes a los universitarios pero que crean habilidades específicas (ISCED 5B: carreras de técnico superior universitario). Las ocupaciones consideradas como de ciencia y tecnología son un subconjunto de las consideradas en la Clasificación Internacional Normalizada de Ocupaciones (ISCO) (Conacyt, 2005).

¹⁶ Ver Anexo I.

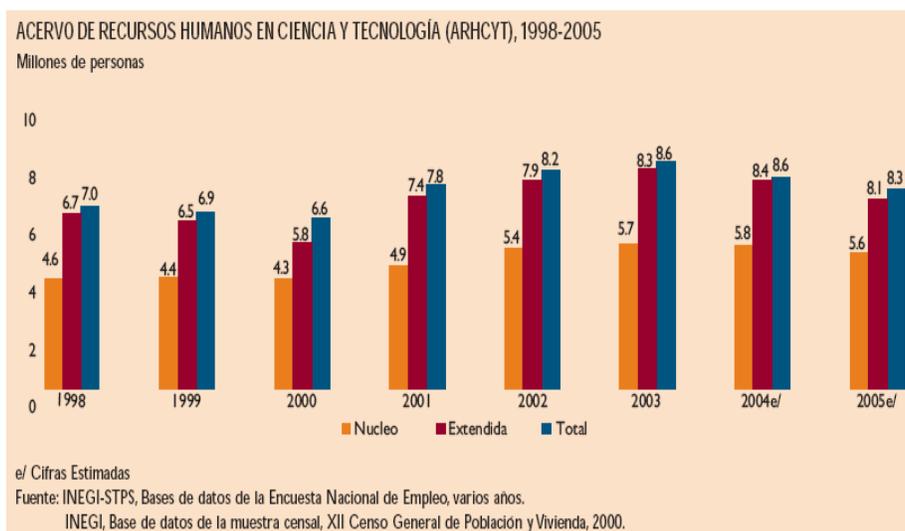
núcleo se suman las disciplinas de humanidades y de otras áreas del conocimiento, y el nivel educativo de técnico profesional en los diferentes campos de la ciencia, se obtiene la población extendida. Si a esta población se le añaden las disciplinas del nivel técnico profesional, en todos los campos de conocimiento, se obtiene la población completa (Conacyt, 2006)¹⁷.

Gráfica 27



Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 28



Fuente: Conacyt (2006).

¹⁷ Ver gráficas 27, 28 y el cuadro 10.

Cuadro 10

PRINCIPALES INDICADORES DE ARHCyT, 1998-2005								
Porcentajes								
Indicador	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004e/	2005e/
1. ARHCyT como proporción de la población con 18 años y más	12.42	11.92	11.41	13.11	13.33	13.61	13.50	12.7
2. RHCyTE como proporción de la población con 18 años y más	9.38	9.16	8.06	10.20	10.59	10.99	10.67	11.3
3. RHCyTE como proporción de la PEA ocupada	-	-	-	15.40	16.23	17.06	16.27	17.4
4. RHCyTO como proporción de la PEA ocupada	11.13	10.44	10.44	11.88	10.83	12.20	11.83	12.0
5. RHCyTC como proporción de la PEA ocupada	6.69	6.36	6.36	7.44	7.64	8.13	7.73	7.6

e/ Cifras Estimadas
Fuente: INEGI-STPS, Bases de datos de la Encuesta Nacional de Empleo, varios años
INEGI, Base de datos de la muestra censal, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.
Nota: '1' Dato no disponible

Fuente: Conacyt (2006).

Una de las desventajas de la población de México, en comparación con otros países, es que la fuerza laboral está conformada en su mayoría por personas poco calificadas, como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11

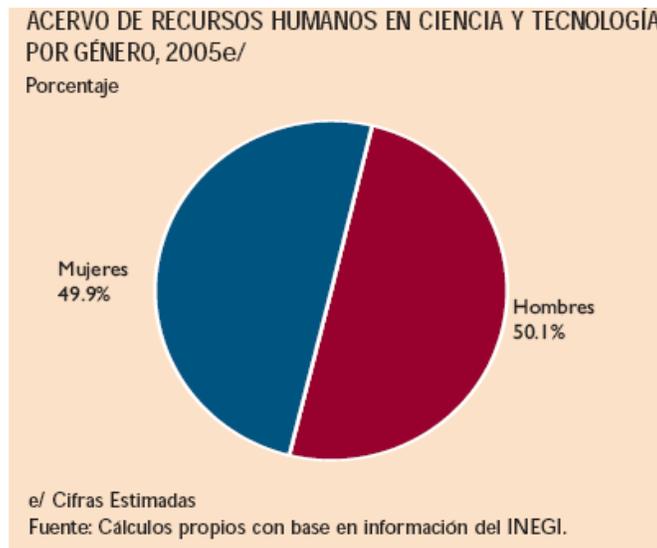
PEA OCUPADA CON ESTUDIOS DE TERCER NIVEL EN RELACIÓN CON LA PEA OCUPADA TOTAL	
Porcentaje	
País	%
Canadá	41.9
Irlanda	40.0
Estados Unidos	36.8
Japón	36.5
Finlandia	33.6
Bélgica	33.2
Suecia	31.6
OCDE	28.2
Unión Europea	23.9
México	17.4
Italia	13.6
Turquía	11.8
Portugal	9.9

Fuente: OCDE, The supply of HRST in OECD countries, documento presentado en el Taller de RHCyT, Paris, 2003.

Fuente: Conacyt (2006).

La gráficas 29 y 30 señalan que el ARHCyT de México en el año 2005 apenas rebasa los ocho millones de personas, de las cuales el 49.9% son mujeres.

Gráfica 29



Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 30



Fuente: Conacyt (2006).

Por otra parte, en los cuadros 12 y 13 y en la gráfica 31 se puede observar que los individuos que poseen estudios en ciencias sociales conforman la mayor parte del ARHCyT, seguidos por las ingenierías y las ciencias de la salud.

Cuadro 12

PEA OCUPADA EN CYT CON ESTUDIOS DE LICENCIATURA Y MÁS, POR ÁREA DE LA CIENCIA, 2005e/*
Miles de personas

Área	Licenciatura	Maestría y especialidad	Doctorado	Total
Ciencias naturales y exactas	136.9	20.8	3.6	161.4
Ingeniería	522.2	25.2	3.3	550.8
Salud	320.4	106.1	7.6	434.2
Agricultura	88.9	4.9	0.8	94.5
Ciencias sociales	1,787.3	130.3	8.9	1,926.6
Humanidades	44.5	7.3	1.1	53.0
Total	2,900.2	294.7	25.4	3,220.3

e/ Cifras Estimadas
* No se incluye al nivel ISCED 5B. Se refiere solo a las personas que cursaron el nivel universitario o mayor.
Fuente: Cálculos propios con información de INEGI-STPS, Encuesta Nacional de Empleo 2003.

Fuente: Conacyt (2006).

Cuadro 13

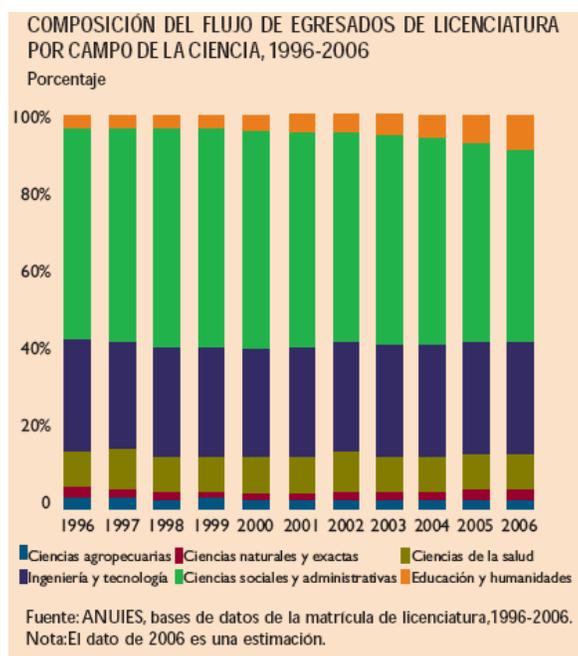
PEA OCUPADA CON ESTUDIOS DE LICENCIATURA O MAYOR, SEGUN ÁREA DE ESTUDIOS Y SECTOR DE OCUPACION, 2005e/
Miles de personas

Área de la ciencia	Ocupada en CyT		En otras actividades		Total	
Total	3,220.3	100%	2,243.6	100%	5,463.5	100%
Ciencias naturales y exactas	161.4	5.0%	158.0	7.0%	319.4	5.8%
Ingeniería	550.8	17.1%	662.9	29.5%	1,213.7	22.2%
Salud	434.2	13.5%	83.5	3.7%	517.6	9.5%
Agricultura	94.5	2.9%	127.8	5.7%	222.3	4.1%
Ciencias sociales	1,926.6	59.8%	1,165.9	52.0%	3,092.5	56.6%
Humanidades	53.0	1.6%	45.0	2.0%	98.0	1.8%

e/ Cifras estimadas
Fuente: Cálculos propios con base en información del INEGI-STPS, Encuesta Nacional de Empleo, 2003.

Fuente: Conacyt (2006).

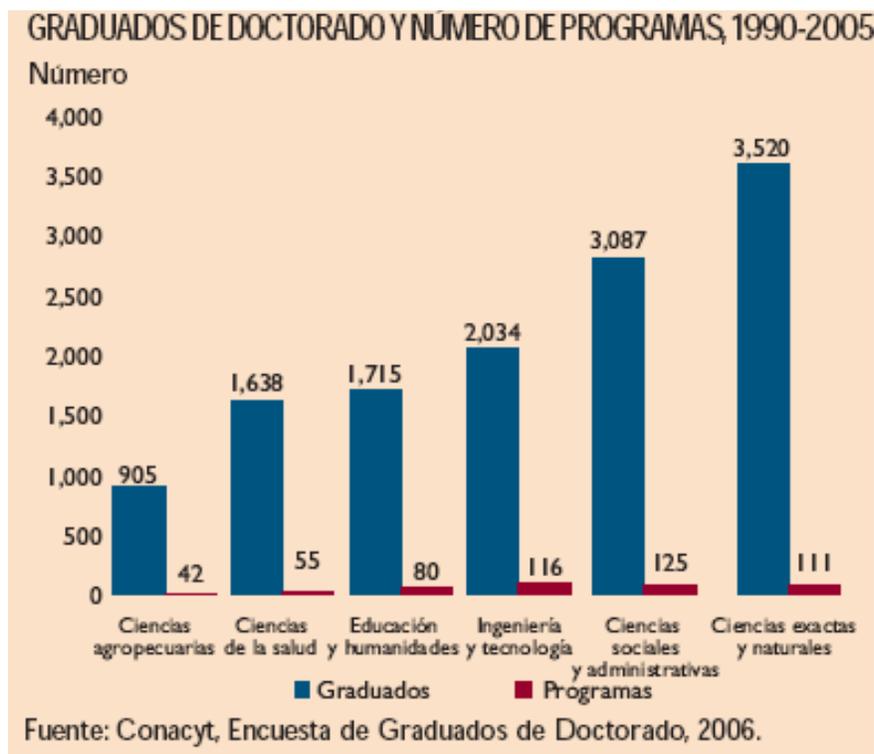
Gráfica 31



Fuente: Conacyt (2006).

En la actualidad vemos que la producción de individuos con doctorado en México es insuficiente en relación a la necesidad de recursos humanos para la investigación que se requieren. En este sentido, nuevamente observamos que la meta establecida en el PECyT de generar 2,300 doctores para el 2006 no se cumplió. Por ello, es indispensable que se otorgue mayor importancia a la formación de programas de doctorado de calidad que ofrecen las instituciones de educación superior (gráfica 32 y cuadro 14). Es decir, se tienen que fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas en los jóvenes en los diferentes niveles de la estructura educativa, promover los estudios superiores y enfatizar en los estudios de posgrado. La mayor parte de las naciones que lo hicieron desarrollaron una política de formación de científicos e ingenieros en las principales universidades del extranjero —reconocidas en los campos del conocimiento de las áreas más importantes de la ciencia y la tecnología—, lo que les ha permitido consolidar sus cuadros de profesionistas y avanzar en la solución de sus prioridades nacionales.

Gráfica 32



Fuente: Conacyt (2006).

Cuadro 14

COMPARACIONES INTERNACIONALES SOBRE LA GENERACION DE GRADUADOS DE DOCTORADO, 2005		
País	Número de doctores / año (Miles de graduados)	Graduados / PEA
EUA	43,204	0.30
Brasil	9,972	0.10
Corea	8,670	0.38
Canadá	4,408	0.27
España	7,270	0.38
México	1,789	0.04

Notas: Los datos de graduados con excepción de México son estimaciones propias.
 Fuente: Conacyt, Encuesta de Graduados de Doctorado, 2005.
 INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2005.
 Coordinación General de Indicadores, Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil, 2004.
 Brief Statistics on Korean Education, 2004, Ministry of Education and Human Resources Development, Korea.
 NSF, Science and Engineering Doctorate Awards, 2004.
 NSF, Science and Engineering Indicators, 2004.
 OECD, Main Science Technology Indicators, 2006/1.

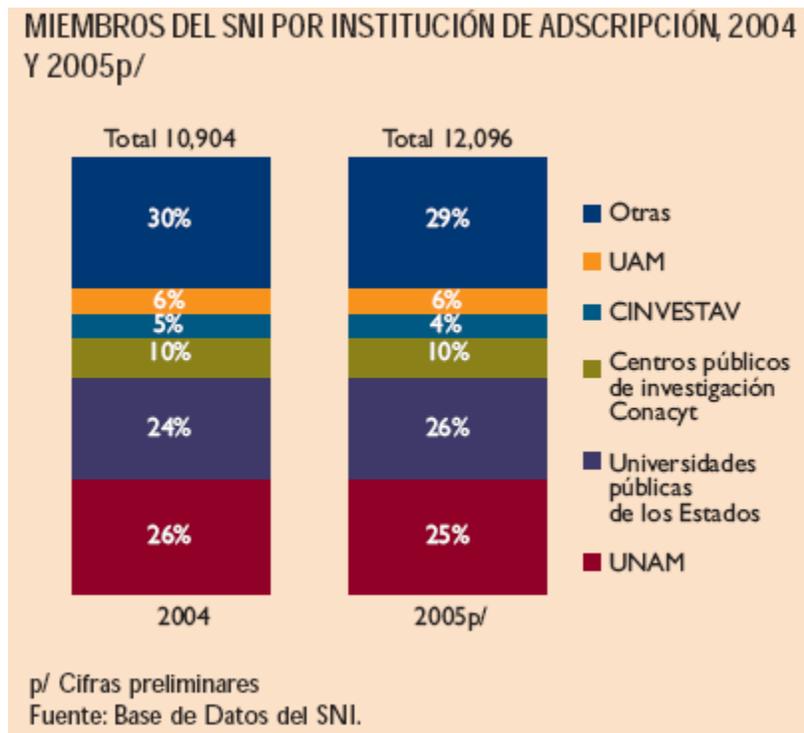
Fuente: Conacyt (2006).

De los datos que se tienen registrados en el SNI se puede ver la composición de este sistema por áreas de conocimiento: El área I corresponde a las ciencias físico-matemáticas y de la tierra; II, biología y química; III, medicina y ciencias de la salud; IV, humanidades y ciencias de la conducta; V, ciencias sociales y administrativas; VI, biotecnología y agropecuarias; y, por último, el área VII a las ingenierías (cuadro 15 y gráficas 33 y 34).

Cuadro 15								
Áreas de conocimiento								
Año	Área I	Área II	Área III	Área IV	Área V	Área VI	Área VII	total
1995	1,281	1,235	586	1,022	627	465	652	5,868
1996	1,329	1,247	606	1,074	663	427	623	5,969
1997	1,436	1,314	650	1,181	673	463	624	6,278
1998	1,571	1,406	703	1,172	675	530	685	6,742
1999	1,621	1,435	721	1,266	738	642	829	7,252
2000	1,569	1,435	765	1,269	810	700	918	7,466
2001	1,612	1,436	846	1,362	920	856	986	8,018
2002	1,771	1,661	927	1,552	1,096	1,011	1,182	9,200
2003	1,878	1,737	1,041	1,702	1,233	1,131	1,437	10,189
2004	1,960	1,771	1,164	1,786	1,361	1,250	1,563	10,855

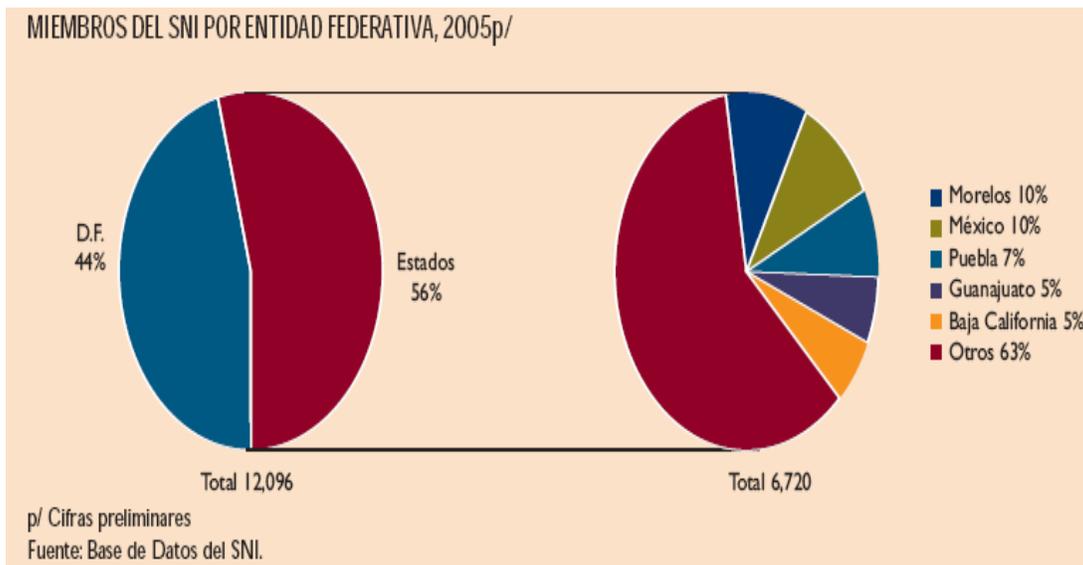
Fuente: Base de datos del SNI en www.conacyt.mx.

Gráfica 33



Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 34



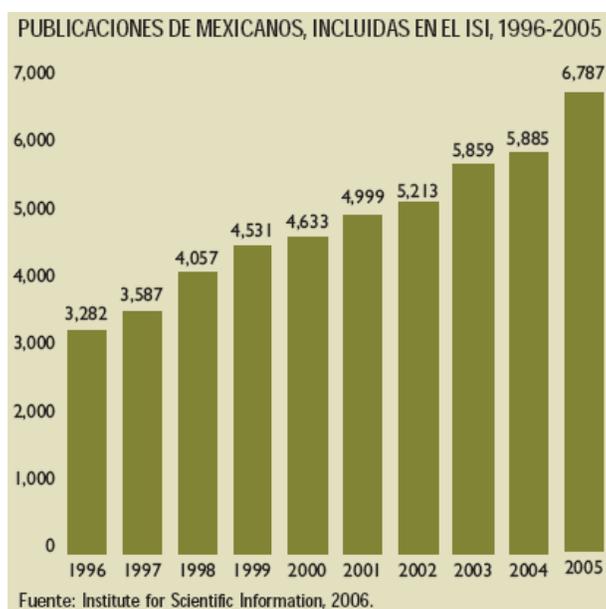
Fuente: Conacyt (2006).

Sin embargo, y pese a las acciones realizadas¹⁸, lejos de lograr la meta de elevar su competitividad en ciencia y tecnología México perdió terreno en el 2007 según el International Institute for Management Development (IMD), al pasar del número 45 al 47 de los 55 lugares asignados¹⁹.

V.4. Publicaciones

Por otro lado, la gráfica 35 se muestra que la producción de literatura científica nacional indexada por el Institute for Scientific Information (ISI) ha ido creciendo año con año; no obstante, el número de publicaciones sigue siendo muy bajo.

Gráfica 35



Fuente: Conacyt (2006).

¹⁸ Entre ellas el Programa de Incentivos Fiscales, puesto en marcha en 2001, para invertir en el desarrollo de nuevos productos, materiales, procesos y sistemas; es decir, lo que se conoce como inversión en investigación y desarrollo experimental, ya que es un factor determinante en la competitividad de los países. Además, en 2002 se crearon los fondos sectorial y mixtos como instrumentos estratégicos para impulsar la inversión en investigación y desarrollo tecnológico en áreas prioritarias como salud, educación, desarrollo económico y desarrollo social, entre otras, los cuales complementan el presupuesto regular que se destina a la ciencia y la tecnología. Estos fondos trabajan por medio de recursos concurrentes del Conacyt, de las secretarías y entidades del gobierno federal y de los gobiernos estatales y municipales (Conacyt, 2005).

¹⁹ Ver anexo II.

Otro dato preocupante que arroja el ISI es que hasta el 2005 México sólo tenía 15 revistas indexadas de un total aproximado de diez mil publicaciones. Ese mismo año, nuestro país ocupó el lugar 21 como productor de artículos en el mundo dentro de las naciones miembros de la OCDE (cuadro 16) y la segunda posición en Latinoamérica, sólo detrás de Brasil (cuadro 17). Por otra parte, en la gráfica 36 se puede apreciar la participación de la producción mexicana a nivel mundial de 1996 a 2005.

Cuadro 16

PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN TOTAL MUNDIAL DE ARTÍCULOS DE LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OCDE							
No.	País	Participación		No.	País	Participación	
		2005	2001-2005			2005	2001-2005
1	Estados Unidos	32.70	33.29	16	Turquía	1.57	1.25
2	Reino Unido	8.56	8.82	17	Dinamarca	1.02	1.04
3	Japón	8.53	9.20	18	Austria	0.98	1.00
4	Alemania	8.35	8.55	19	Finlandia	0.93	0.97
5	Francia	5.92	6.09	20	Grecia	0.83	0.78
6	Canadá	4.75	4.55	21	México	0.77	0.73
7	Italia	4.43	4.41	22	Noruega	0.72	0.69
8	España	3.29	3.17	23	Rep. Checa	0.65	0.62
9	Australia	2.96	2.91	24	Nueva Zelanda	0.61	0.58
10	Holanda	2.65	2.60	25	Portugal	0.57	0.52
11	Corea	2.60	2.34	26	Hungría	0.54	0.54
12	Suecia	1.93	1.99	27	Irlanda	0.45	0.40
13	Suiza	1.89	1.87	28	Rep. Eslovaca	0.23	0.24
14	Polonia	1.48	1.45	29	Islandia	0.05	0.05
15	Bélgica	1.45	1.41	30	Luxemburgo	0.02	0.02

Fuente: Institute for Scientific Information, 2006.

Fuente: Conacyt (2006).

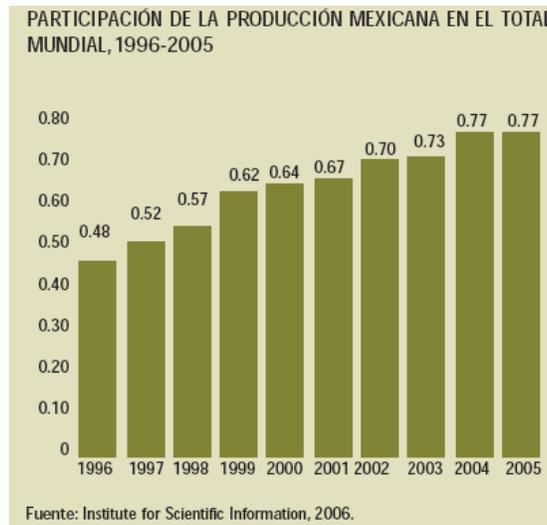
Cuadro 17

PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN TOTAL MUNDIAL DE ARTÍCULOS DE PAÍSES LATINOAMERICANOS			
No.	País	Participación	
		2005	2001-2005
1	Brasil	1.79	1.63
2	México	0.77	0.73
3	Argentina	0.59	0.59
4	Chile	0.34	0.30
5	Venezuela	0.11	0.12
6	Colombia	0.10	0.09
7	Uruguay	0.05	0.04
8	Costa Rica	0.04	0.03
9	Perú	0.04	0.04
10	Panamá	0.02	0.02
11	Ecuador	0.02	0.02
Otros Países			
12	China	6.72	5.35
13	India	2.72	2.52
14	Taiwan	1.77	1.60

Fuente: Institute for Scientific Information, 2006.

Fuente: Conacyt (2006).

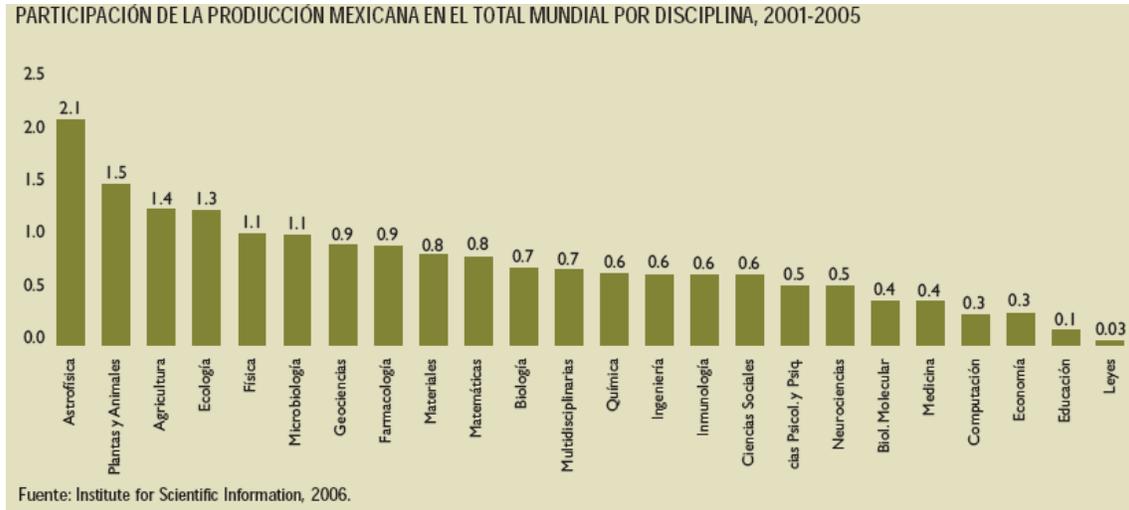
Gráfica 36



Fuente: Conacyt (2006).

Como podemos observar en la gráfica siguiente, las grandes productoras nacionales de artículos de divulgación siguen siendo las mismas disciplinas desde hace más de una década.

Gráfica 37

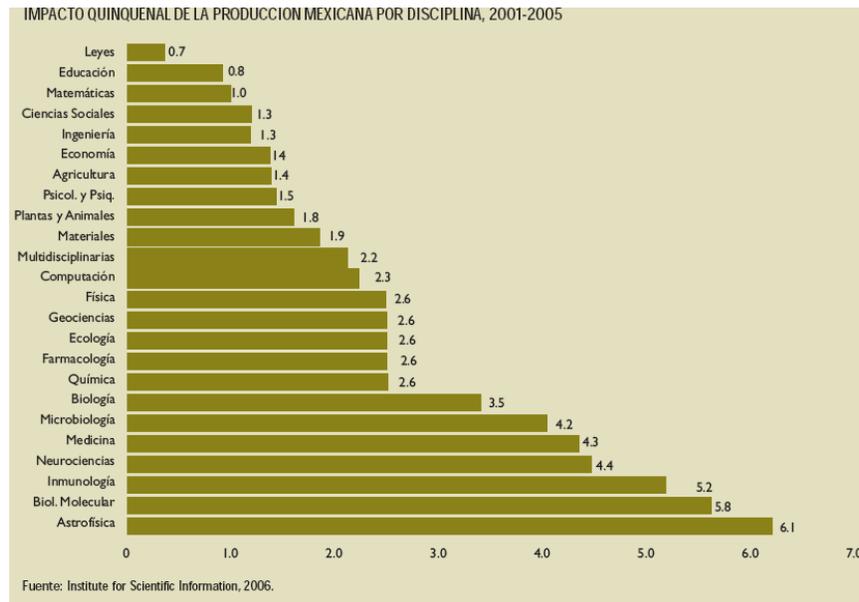


Fuente: Conacyt (2006).

Es importante precisar que el impacto de las publicaciones científicas se mide en función de las citas que se reciben de dichos artículos; es decir, a mayor impacto más grande será la influencia del documento y su difusión (gráfica 38). El impacto relativo (IR) se define como el cociente del impacto de una disciplina en un país entre el impacto de esa disciplina en el mundo. Aquellas disciplinas que arrojen como resultado un punto en adelante, están igual o encima del

estándar internacional y, por lo tanto, son sumamente influyentes. Por el contrario, aquellas que obtienen un resultado menor a un punto, están por debajo del estándar internacional (Conacyt, 2006).

Gráfica 38



Fuente: Conacyt (2006).

En México la mayor parte de los artículos se generan en los estados del centro del país, lo que evidencia que el centralismo es aún una tarea pendiente que repercute en la generación y difusión del conocimiento (cuadro 18).

Cuadro 18

PRODUCCIÓN E IMPACTO SEGÚN EL ESTADO DE RESIDENCIA DEL AUTOR, 2000-2005			
Estado	Artículos	Citas	Impacto
Distrito Federal	29,081	65,026	2.24
Morelos	3,365	8,869	2.64
Puebla	2,301	5,744	2.50
Jalisco	1,936	2,926	1.51
Baja California	1,648	2,998	1.82
Guanajuato	1,627	3,752	2.31
México	1,429	1,724	1.21
Nuevo León	1,335	2,433	1.82
Querétaro	1,190	2,030	1.71
Michoacán	1,182	2,732	2.31

Fuente: Institute for Scientific Information, 2006.

Fuente: Conacyt (2006).

Mientras que dentro de las instituciones que destacan por su producción científica, el primer lugar lo ocupa la UNAM, la cual además cuenta con una amplia diversidad productiva dentro de diversas áreas de conocimiento (cuadro 19).

Cuadro 19

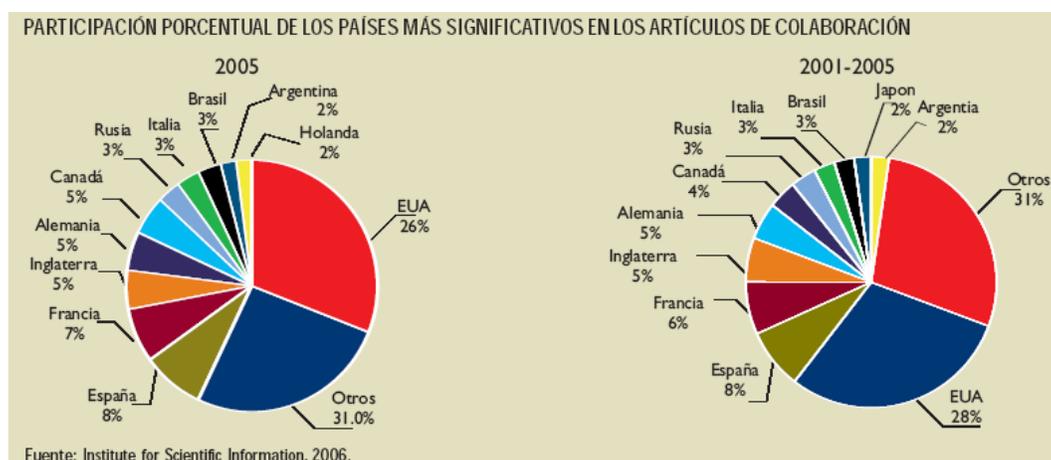
INSTITUCIÓN	2001-2005		
	Artículos	Citas	Impacto
Universidad Nacional Autónoma de México	14,528	34,251	2.36
Instituto Politécnico Nacional	6,262	14,486	2.31
Universidad Autónoma Metropolitana	2,199	3,987	1.81
Instituto Mexicano del Seguro Social	2,891	5,924	2.05
Secretaría de Salud	4,421	12,738	2.88
Instituto Nacional de Nutrición "Salvador Zubiran"	1,444	3,491	2.42
Instituto Mexicano del Petróleo	1,124	2,417	2.15
Universidad de Guadalajara	882	1,334	1.51
Universidad Autónoma de Nuevo León	819	1,450	1.77
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	747	1,388	1.86

Fuente: Institute for Scientific Information, 2006.

Fuente: Conacyt (2006).

Por otra parte, en la elaboración de artículos científicos en colaboración con otras naciones, en la gráfica 39 podemos observar que casi una tercera parte de los trabajos se llevan a cabo con investigadores y académicos de Estados Unidos.

Gráfica 39



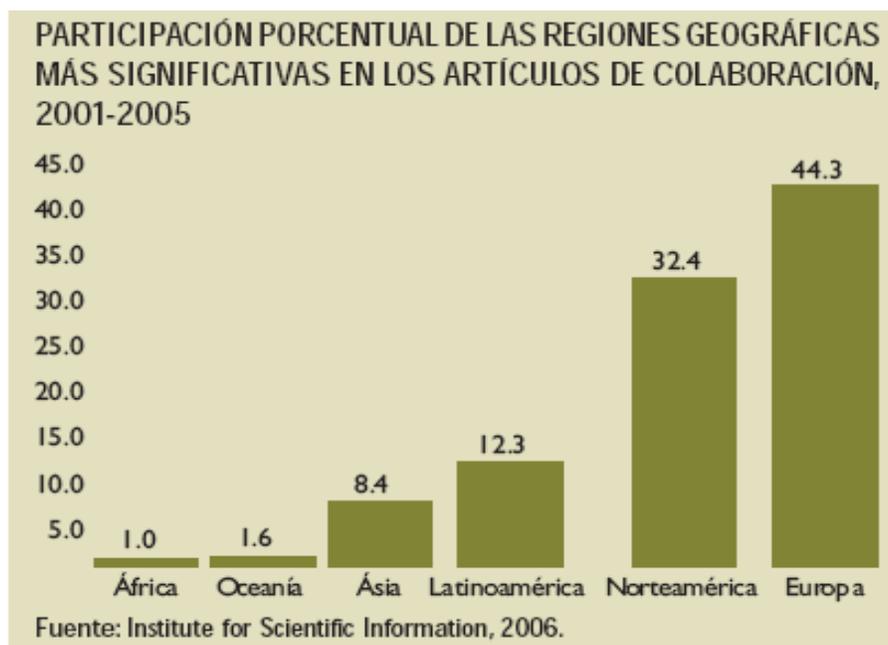
Fuente: Institute for Scientific Information, 2006.

Fuente: Conacyt (2006).

En lo que respecta a la participación de las regiones en la producción de artículos en colaboración, resulta evidente que Europa y Norteamérica están muy por encima de las

regiones en donde se encuentran los países en vías de desarrollo (gráfica 40). Esto sólo indica que en nuestras naciones debemos redoblar esfuerzos para alcanzar un estadio de desarrollo que se traduzca en una mejor calidad de vida para los individuos.

Gráfica 40



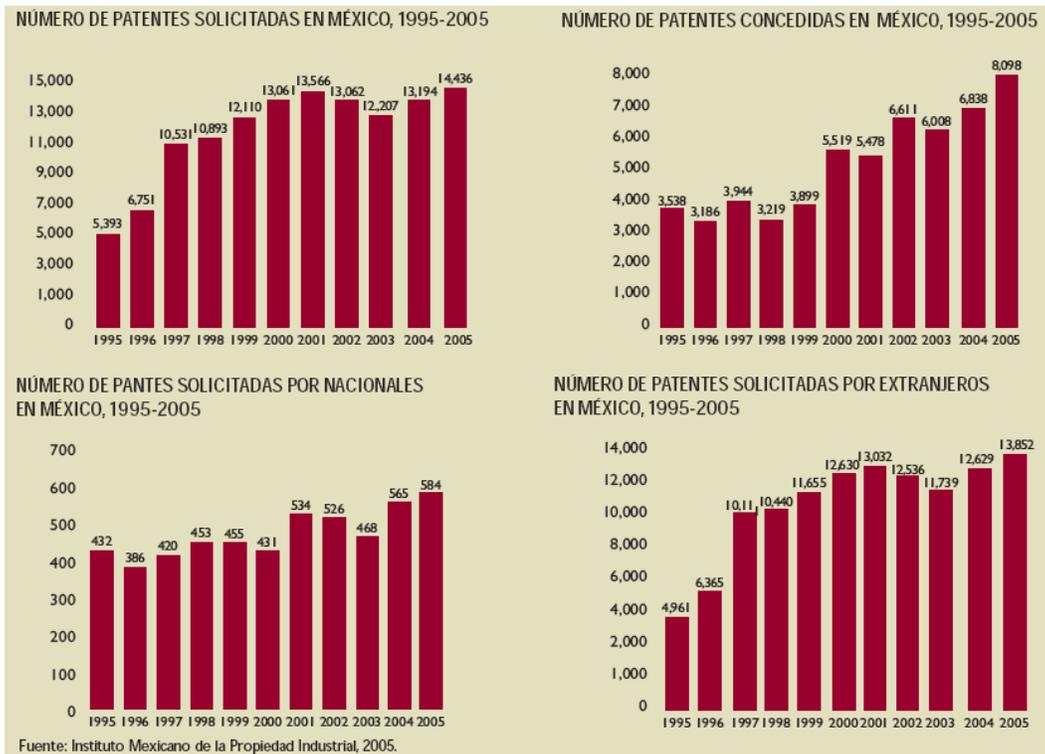
Fuente: Conacyt (2006).

V.5. Patentes

Es innegable que el número de patentes proporciona una idea de la producción tecnológica que tiene un país. En este sentido, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) las define como «el derecho exclusivo concedido a una invención, es decir un producto o procedimiento que aporta, en general, una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema». En México los indicadores de patentes los hace el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI)²⁰. Según la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) las patentes se agrupan por actividad económica (Conacyt, 2006).

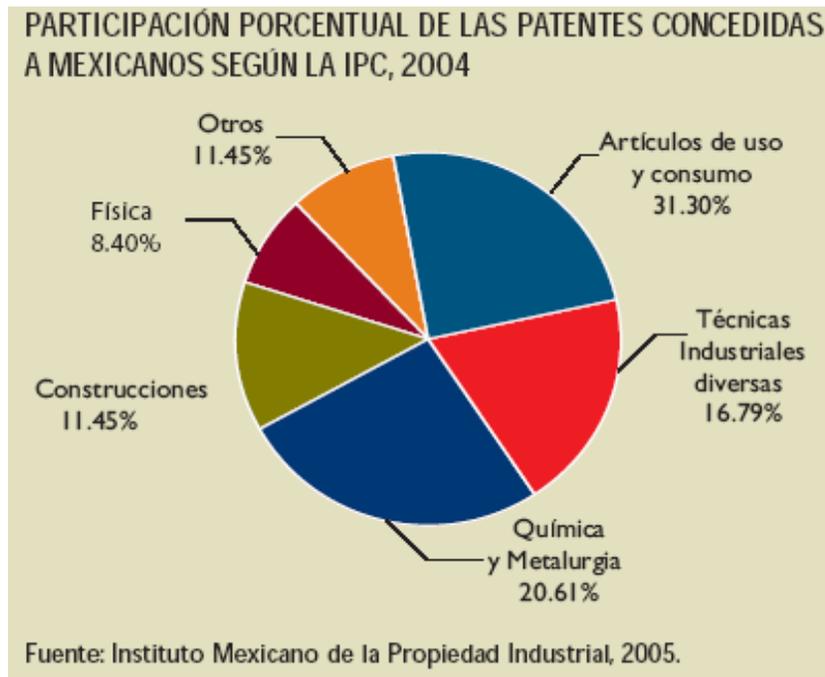
²⁰ Ver gráficas 41-43 y cuadro 20.

Gráfica 41



Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 42



Fuente: Conacyt (2006).

Cuadro 20

PATENTES CONCEDIDAS EN MÉXICO POR NACIONALIDAD DE LOS TITULARES			
Año	2004	2005	Cambio%
México	162	131	-19.1
Alemania	726	806	11.0
EUA	3,552	4,338	22.1
Francia	522	558	6.9
Japón	234	284	21.4
Reino Unido	181	234	29.3
Suiza	315	386	22.5
Otros	1,146	1,361	18.7
Total	6,838	8,098	18.4

Fuente: Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, 2005.

Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 43



Fuente: Conacyt (2006).

De acuerdo a la OCDE se construyen otros indicadores con base en las patentes que permiten inferir el estado de la ciencia y la tecnología de un país.

Relación de dependencia: se define como el número de solicitudes de patentes hechas por extranjeros entre el número de solicitudes nacionales. Este indicador da una idea de la medida en que un país depende de los inventos desarrollados fuera de él²¹.

Relación de autosuficiencia: se mide por el número de solicitudes de nacionales entre el número de solicitudes totales.

²¹ Se observa en la gráfica 44.

Coefficiente de inventiva: se define como el número de solicitudes de nacionales por cada 10,000 habitantes y da una idea de la proporción de la población que se dedica a actividades tecnológicas²².

Tasa de difusión: es el cociente del número de solicitudes hechas por mexicanos en el extranjero entre el número de solicitudes de nacionales. Es la forma de representar qué tanto se dan a conocer los inventos desarrollados en un país fuera de él²³ (Conacyt, 2006: 102).

Gráfica 44



Fuente: Conacyt (2006).

Gráfica 45

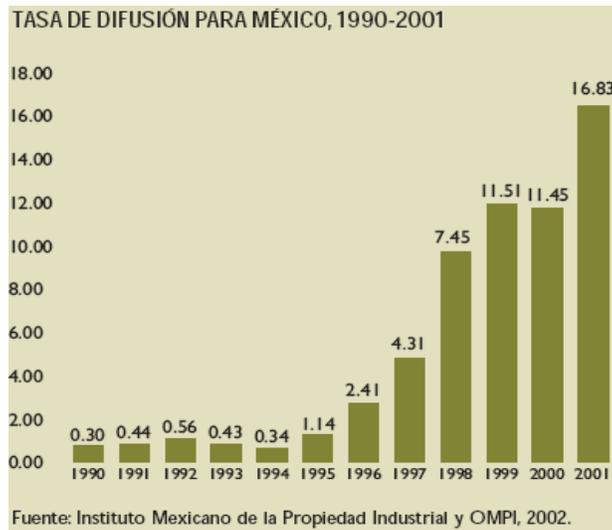


Fuente: Conacyt (2006).

²² Se observa en la gráfica 45.

²³ Se observa en la gráfica 46.

Gráfica 46



Fuente: Conacyt (2006).

En México los indicadores de patentes siguen mostrando que el nivel de inversión en IDE aún no es suficiente, nuestros datos son evidentemente inferiores a los de naciones con un alto grado de desarrollo e incluso hemos progresado a menor ritmo que países con características similares. También resulta evidente que mantenemos una gran dependencia y un nivel muy bajo en cuanto a la difusión de los mismos.

V.6. Balanza de pagos tecnológica

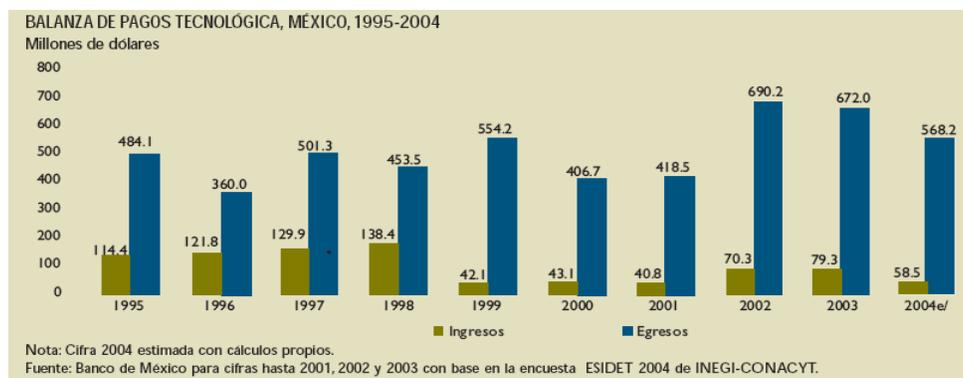
La adquisición de conocimientos del exterior es un factor fundamental para generar un mayor avance tecnológico en el sector productivo. Esto se mide por medio de la balanza de pagos tecnológica (BPT), la cual se define como:

[...] una subdivisión de la balanza de pagos global, y registra las transacciones de intangibles relacionadas con el comercio de conocimiento tecnológico entre agentes de diferentes países. Este concepto no incluye las transferencias de tecnología incorporadas en las mercancías como lo son los bienes de capital y los bienes de alta tecnología²⁴(Conacyt, 2006: 105).

²⁴ «El comercio de tecnologías no incorporadas que se define en la BPT, comprende 2 categorías de flujos financieros: 1. Transacciones relacionadas con los derechos de la propiedad industrial, o comercio de técnicas.

En las gráficas 47 y 48 y el cuadro 21 podemos observar la situación de nuestro país respecto a la BPT en los últimos 15 años.

Gráfica 47



Fuente: Conacyt (2006).

Cuadro 21

BALANZA DE PAGOS TECNOLÓGICA DE MÉXICO, 1999-2004
Millones de dólares

Año	Ingresos	Egresos	Saldo	Total de transacciones	Tasa de cobertura
1999	42,0	554,2	-512,2	596,2	0,08
2000	43,1	406,7	-363,6	449,8	0,11
2001	40,8	418,5	-377,7	459,3	0,10
2002	70,3	690,2	-619,9	760,6	0,10
2003	79,3	672,0	-592,7	751,3	0,12
2004e/	58,5	568,2	-509,7	626,7	0,10

Fuente: Banco de México para cifras hasta 2001; 2002 y 2003 con base en la encuesta ESIDET 2004 de INEGI-CONACYT.

Fuente: Conacyt (2006).

Son los ingresos y egresos por compra o uso de patentes, inventos no patentados, revelaciones de *know how*, marcas registradas, modelos y diseños, incluidas las franquicias. 2. Transacciones relacionadas con la prestación de servicios con algún contenido técnico y los servicios intelectuales. Comprenden los pagos por servicios de asistencia técnica, los estudios de diseño e ingeniería y los servicios de investigación y desarrollo experimental de las empresas que llevan a cabo o son financiadas por el exterior.

Indicadores de Actividades de Ciencia y Tecnología originados en la información de la BPT:

El total de transacciones, que es la suma de ingresos y egresos por estos conceptos, y mide la importancia o peso de un país en el mercado internacional de tecnologías.

La tasa de cobertura, medida por la relación de los ingresos respecto a los egresos, muestra la proporción en que un país cubre sus necesidades de importación de tecnologías no incorporadas con las exportaciones correspondientes».

Los conceptos de la BPT han sido desarrollados por la OCDE con el objetivo de cuantificar la transferencia internacional o difusión del conocimiento tecnológico. Para ello, ha formulado una guía metodológica para la compilación e interpretación de los datos de la BPT. Las recomendaciones están en el documento denominado *Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data*, París, 1990 (Conacyt, 2005: 105).

Gráfica 48



Fuente: Conacyt (2006).

Desde los años setenta una de las prioridades del gobierno mexicano era el desarrollo de la ciencia y la tecnología, prioridad que tenía la finalidad de generar tecnología propia para poder disminuir la dependencia tecnológica. En 1986, con la introducción del modelo neoliberal, se dejó que fueran las empresas quienes decidieran qué y dónde adquirir tecnología, de esta forma la BPT muestra que hemos recurrido constantemente al exterior y que la idea de autosuficiencia tecnológica ha quedado muy lejos.

En el año 2002, con la modificación de su ley orgánica, el Conacyt se fortaleció política y económicamente, en el primer aspecto porque dejó de depender de la SEP y se constituyó en un órgano de consulta del Ejecutivo; y en el segundo, porque se introdujeron los fideicomisos para investigación con recursos de los gobiernos de los estados (fondos mixtos) y con recursos de las secretarías cabeza de sector (fondos sectoriales). Sin embargo, persistieron los bajos montos de las aportaciones, la deficiencia en la definición de las demandas específicas, la burocracia en el manejo de los fondos y los proyectos y la falta de participación de varios estados e instituciones claves. Los logros también son menores respecto al apoyo preferencial que se le daría a los proyectos orientados a la solución de los problemas que enfrenta la población, a la elevación de la competitividad del sector productivo y a la generación de consorcios de investigación entre empresas, centros de investigación e instituciones de educación superior. A pesar de que se avanzó respecto a los incentivos fiscales, mediante los cuales se induce al sector privado a que aumente su inversión en actividades de I+D, esos

apoyos fueron insuficientes y la mayor parte de las empresas que los obtuvieron son transnacionales o grandes consorcios nacionales.

Para elaborar el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación 2006-2012 se realizaron varias propuestas con el fin de darle prioridad a dichas actividades.

Uno de los principales retos se plantea a raíz del crecimiento demográfico, ya que el país debe volver a crecer en forma sostenida para elevar el nivel de vida de su población, incorporando a la actividad productiva a los jóvenes en edad de trabajar, quienes aumentan significativamente. También se observa un envejecimiento de la planta de investigadores y la falta de mecanismos para el ingreso de nuevas generaciones²⁵. Por ende, los recursos humanos deben ser formados y empleados en beneficio de la nación para no aumentar la fuga de cerebros.

No obstante, en México sí contamos con infraestructura en ciencia y tecnología, el problema son sus limitantes y desarticulación. Otro de los problemas más graves que enfrentamos es el de la centralización y la poca inversión. Nuestra infraestructura se encuentra principalmente en las instituciones de educación superior y en los centros públicos de investigación (CPI), que a su vez están integrados por dos grupos: 1) el Sistema de Centros Conacyt; y 2) los centros de investigación sectoriales, asociados a algunas secretarías de Estado y que tienen una cobertura muy reducida en el territorio nacional, ya que sólo están en 14 de las 32 entidades federativas y se concentran en las regiones centro y centro-occidente. También son limitados en cuanto a las áreas de conocimiento que cubren —salud, energía, agricultura, medio ambiente y recursos naturales y educación pública— y sus programas no se articulan en ningún momento, por consiguiente, no se pueden aprovechar los recursos ni prestar atención a las oportunidades intersectoriales con las que se cuenta (FCCyT, 2006 a)²⁶.

Es evidente que esto se debe, en gran parte, a que en 2005 el gasto federal en ciencia y tecnología representó el 0.4% del PIB y el 2.2% del total del gasto programable del sector público federal; a que el nivel de inversión privada en IDE, a pesar de que ha aumentado, sigue siendo muy escaso en comparación con otros países emergentes; y a que todavía no se logra instrumentar una política que regularice e incentive esos apoyos. Incluso a la fecha no se ha

²⁵ A finales de 2005, de los investigadores que integran el SNI, el 78% tenía más de 40 años y sólo el 0.1% menos de 30 (FCCyT, 2006 b).

²⁶ FCCyT, 2006 a).

garantizado la regularidad en el gasto y el que no se pueda mantener a lo largo del tiempo un ritmo sostenido de inversión en ciencia y tecnología afecta las capacidades adquiridas anteriormente.

Otra de las dificultades que no se ha resuelto es que en la estrategia de competitividad de las empresas no se contemplan actividades de innovación interna como consecuencia de los pocos recursos económicos y humanos destinados a I+D y de la insuficiente infraestructura. Lamentablemente, en México el proceso productivo sigue caracterizado por el uso intensivo de mano de obra con poca preparación científica y tecnológica, lo que a su vez se explica por el bajo número de investigadores que integran la fuerza de trabajo (Cabrero Mendoza, Enrique, *et ál.*, 2006).

La falta de créditos a las empresas sigue constituyendo una de las principales barreras para la modernización tecnológica, ya que la gran mayoría financian sus proyectos de desarrollo tecnológico con recursos propios, recurriendo en segundo lugar a los créditos de instituciones bancarias debido a tasas de interés muy elevadas, negativas de la banca, rechazo de solicitudes e incertidumbre de la situación económica.

Por otra parte, las limitaciones del Sistema Nacional de Investigación e Innovación se deben principalmente a la escasa demanda industrial de ciencia y tecnología; por ello, el sistema debe considerar tanto a empresas privadas como públicas y es indispensable impulsar la innovación para generar mayor competitividad en el mercado interno e internacional.

La visión de país que inspira los objetivos y líneas de acción del Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Gobierno 2006-2012 tiene los siguientes rasgos:

[...] un desarrollo económico basado en el conocimiento y en el uso responsable de la tecnología que permita la preservación del medio ambiente; un perfil productivo donde destaquen capacidades tecnológicas en sectores estratégicos y sectores que atienden necesidades básicas; un sector productivo empresarial competitivo que contribuye al desarrollo regional, con una alta presencia de la Pequeña y Mediana Empresa (PyME) en condiciones de involucrarse en una dinámica innovadora; empleos bien remunerados; un desarrollo social que satisfaga las necesidades básicas de alimentación, salud, educación y vivienda; y una amplia integración de las potencialidades de la diversidad cultural (FCCyT, 2006).

La información anterior nos permite suponer que la concepción de la ciencia de este programa sigue siendo la misma del PECyT 2001-2006 en donde se mezclan las concepciones de la ciencia como motor del progreso, como vía para solucionar los grandes problemas nacionales y como elemento estratégico para la competitividad internacional.

Los primeros años del sexenio del presidente Felipe Calderón muestran la fragilidad de la novedosa propuesta de largo plazo que se estableció en la estrategia «México visión 2025», ya que los objetivos estipulados en el PECyT no se cumplieron, por lo que la actual administración no puede dar continuidad a un proyecto inexistente y menos cuando no considera indispensable fortalecer estas áreas.

V.7. Modelo Triángulo IGE de Sábado

Resulta difícil sacar cuentas de la política científica y tecnológica del gobierno calderonista porque la información se está generando en el momento y mucha aún no se ha sistematizado, razón por la cual el análisis que se hizo de este sexenio se basó principalmente en la publicación mensual del suplemento «Investigación y Desarrollo» —de enero de 2006 a octubre de 2009—, del periódico *La Jornada*. Para poder caracterizar el desarrollo que México ha alcanzado en los últimos años se seleccionaron los siguientes temas: el modelo Triángulo IGE de Sábado; la vinculación entre estructura productiva e instituciones académicas; la investigación con misión; la descentralización; la innovación; y el financiamiento en las actividades de ciencia, tecnología e innovación.

Un ejemplo que podemos observar en México respecto a los esfuerzos por llevar a cabo el Triángulo IGE de Sábado —en el que como ya hemos visto la idea es que uno de los motores del desarrollo de un país radica en los vínculos entre el gobierno, la estructura productiva y las instituciones académicas²⁷—, se da a partir de enero de 2007 cuando empieza a funcionar el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICyTDF), que dirige la doctora Esther Orozco Orozco. Entre los objetivos de esta nueva dependencia destaca el proponer soluciones científicas y tecnológicas a los problemas de la urbe referentes al agua, transporte, medio ambiente, población creciente y seguridad, fungiendo como enlace entre la comunidad de estos ramos y los sectores público y privado.

²⁷ Ver el apartado III.5.1. de la presente investigación.

La vinculación funge como una importante vía en el actuar de la entidad, ya que el ICyTDF no dispone de laboratorios u otra infraestructura de investigación sino que emplea la disponible, como las instalaciones de la UNAM, la UAM, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Cinvestav. A su capacidad material se suma la referente a recursos humanos altamente capacitados y especializados, debido a que el Distrito Federal concentra cerca del cincuenta por ciento de los miembros del SNI. El instituto toma en cuenta a los científicos y tecnólogos para encontrar soluciones a los problemas ciudadanos y ahora las necesidades tecnológicas de cada secretaría ya no se definirán internamente sino que el ICyTDF turna a los expertos de las universidades y centros de investigación las propuestas para tomar mejores decisiones; por ejemplo, si se van a adquirir autobuses híbridos, el instituto es el que valora la solución tecnológica más apropiada para la ciudad y decide qué hacer (González, 2007 a).

Para ello, el ICyTDF divide sus actividades en tres agendas: la científica, la tecnológica y la de socialización de la ciencia. La primera abarca once grandes temas: salud, tecnologías en genómica, bioinformática y nanotecnología, aplicaciones biotecnológicas, telemática e informática, sismicidad, dinámica atmosférica, biodiversidad, investigaciones en arqueología, etnología y, por último, criminología. La segunda establece siete líneas de investigación: agua, desechos sólidos, energía, medio ambiente, transporte, infraestructura y comunicaciones. Y la tercera agenda busca que el conocimiento se difunda a la población de todos los niveles, ya que el instituto considera que una sociedad informada en temas científicos y tecnológicos es capaz de cuestionar y proponer mejoras a su realidad cotidiana, además entenderá de qué manera el conocimiento resuelve problemas locales y nacionales.

Creo que es importante resaltar el interés que tiene el gobierno del Distrito Federal en la ciencia y tecnología. Con todas sus carencias el ICyTDF constituye un primer esfuerzo para impulsar la interrelación entre los tres actores, lo cual es fundamental para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

V.8. Vinculación entre estructura productiva e instituciones académicas

La empresa Coca Cola de México instituyó desde hace más de tres décadas el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos —el cual cuenta con el apoyo del Conacyt—, con la finalidad de reconocer los diversos trabajos de investigación científica y tecnológica que en

materia de alimentación se realizan en el país, así como fomentar esta actividad entre los jóvenes universitarios. Después de treinta años de promover este premio, dicha empresa considera que ha incidido en los proyectos de áreas especializadas en alimentos implementados actualmente por algunos centros de investigación. Asimismo, consideran que este esfuerzo ayuda al avance del quehacer científico y tecnológico nacional y crea espacios en donde los investigadores pueden desarrollar sus capacidades. La transnacional es consciente de que su inversión en ese evento es redituable (De la Peña, 2007 a).

Otro ejemplo de vinculación entre el sector académico y el productivo es el Instituto de Física de la UNAM cuyo fin es incentivar, vincular y apoyar requerimientos específicos del sector productivo. Sin importar el tipo de industria a la que se dirija es capaz de mejorar artículos disímiles, desde pinturas, mosquiteros, parabrisas o fibras ópticas. Desde el 2001 a la fecha, varios fabricantes se han beneficiado con los conocimientos, aplicaciones y herramientas universitarias que ofrece el Laboratorio Central de Microscopía de este instituto, para solucionar impurezas en los materiales, defectos en los procesos de fabricación, falta de conocimiento en el manejo de las herramientas, interpretación de resultados, reducir costos y mejorar las propiedades de sus materiales, fomentando con ello el reconocimiento y la competitividad, incluso a nivel internacional. Aunque actualmente se tienen varios proyectos con la industria se requiere trabajar más para que la comunidad industrial sepa que existen y que hay laboratorios de alta capacidad en la UNAM que pueden ser utilizados para solucionar problemas de producción (García Román, 2007).

Los esfuerzos exitosos de cooperación con el sector productivo en México también existen, como el que se dio a conocer en mayo de 2007 sobre desarrollo de la competitividad con base en el conocimiento de un grupo de 35 empresas en Mérida, Yucatán, el cual buscó a jóvenes estudiantes de tecnologías de la información que contarán con ciertas habilidades, — como razonamiento lógico y creatividad para solucionar problemas— con el objetivo de convertir a ese estado del sureste mexicano en un polo de desarrollo de *software*. Dichas compañías formaron una alianza llamada Consejo de Industria de Tecnología de la Información (CITI) y cuenta con el respaldo financiero del gobierno estatal y el programa Prosoft, de la Secretaría de Economía, quienes han invertido más de 7 millones de pesos permitiendo integrar un *cluster* o cúmulo de empresas que presta servicios a corporativos como la canadiense Honeywell, la paraestatal Pemex y al Sistema de Administración Tributaria (SAT). Para idear programas eficientes, que apoyen a compañías o al gobierno, no dependen de

tecnología extranjera porque para ellos la herramienta más importante para crear *software* es el cerebro de la gente.

En menos de tres años, esta asociación de esfuerzos a favor de la innovación ha permitido la creación de cien empleos directos y más de trescientos indirectos bien remunerados. Además, el CITI cuenta con un edificio que es la sede compartida para esas empresas y sirve, al mismo tiempo, como incubadora de otras jóvenes compañías de *software*. Una de las claves para el éxito ha sido el estrecho contacto que tienen con las universidades, lo que les permite identificar talentos e incluso han viajado a otros países desplazando a programadores de India o Ucrania. Incluso algunas de sus experiencias han sido integradas a los programas de estudio de instituciones como la Universidad del Mayab y la Universidad Tecnológica Metropolitana, generando una sinergia en la que todos mejoran en competitividad y ayudan a sus clientes en ese mismo renglón (Cruz, 2007 a).

También la vinculación empresa-academia ha logrado muy buenos resultados. En 2007, la filial mexicana de la empresa multinacional de autopartes Delphi ocupó el segundo lugar a nivel mundial dentro del consorcio en cuanto a número de nuevos inventos. Gracias al esfuerzo conjunto de ingenieros mexicanos, estadounidenses y chinos, en un año consiguieron que 31 patentes fueran aprobadas por el gobierno de Estados Unidos utilizando tecnología y pruebas de laboratorio desarrolladas en Ciudad Juárez. Esto también significa que dicha localidad es más que un simple polo de maquiladoras y demuestra cómo una inversión de 2 mil millones de dólares en innovación tecnológica y producción en México se convierte cada año en una derrama económica de 6 mil millones de dólares para proveedores mexicanos y otras cadenas productivas asociadas a nuestro país.

Hace 30 años era inevitable vincular el nombre de Delphi con el de la automotriz General Motors, ya que el fabricante de autopartes sólo trabajaba con aquella compañía estadounidense. Pero hoy tiene clientes distintos como la japonesa Toyota, la productora de motocicletas Harley-Davidson y otras seis compañías automotrices, entre las que figura Ford Motor Company.

Desde la perspectiva mexicana, el impacto puede medirse positivamente si se toma en cuenta la formación de ingenieros que ya están compitiendo a nivel global con inventos propios, como la veracruzana Nicté Salvador, quien creó un sensor electrónico de calidad que mide el nivel del aceite. Este dispositivo, el cual recibió dos premios en el 2007, sustituye al

antiguo mecanismo de flotadores para medir el nivel de un líquido, además de que revisa la concentración de carbón en el aceite cuando éste se encuentra muy quemado.

Francisco Sánchez, gerente del Grupo de Ingeniería de Sensores Dinámicos Avanzados de Delphi, dice que gran parte de su éxito se debe a que han establecido una estrecha colaboración con universidades como el Tecnológico de Monterrey y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, cuyos estudiantes enriquecen su formación con estancias o proyectos de colaboración y juntos perfeccionan un modelo de investigación y desarrollo de inventos, con protocolos bien establecidos para aprovechar los recursos, que siempre son limitados si se piensa en todas los inventos que se pueden realizar (Cruz, 2007 b).

No obstante, a pesar de los esfuerzos que existen para fortalecer el vínculo entre el sector académico y las empresas vemos que en México uno de los problemas que ha inhibido su desarrollo sigue siendo que la gran cantidad de las innovaciones tecnológicas generadas en la academia no se implementan en el sector productivo. Frecuentemente los investigadores desconocen los requisitos de calidad que deben cumplir para que sus desarrollos sean competitivos a nivel industrial o existe una escasa cultura en la comunidad universitaria para vincularse con las industrias, incluso algunas universidades latinoamericanas carecen de una estructura institucional adecuada para comercializar sus servicios y tecnologías, y aunque algunas han creado oficinas de transferencia que centralizan las actividades de comercialización, no cuentan con personal calificado para gestionar la transferencia tecnológica.

Ante esta problemática en el 2008 la Universidad Autónoma Metropolitana, plantel Iztapalapa (UAM-I), creó una serie de herramientas para cruzar lo que los innovadores llaman «el valle de la muerte»; es decir, el proceso en el que un artículo científico se convierte en un invento de beneficio social. A lo largo de los últimos años la UAM-I ha intentado superar el problema de la falta de contacto con el mercado por medio de acercamientos con empresarios que compartan su experiencia en temas como la evaluación de proyectos, el desarrollo de planes de negocios y la transferencia de tecnología a empresas ya establecidas. Dicha universidad comienza a asumir el papel de incubar empresas para evitar que los alumnos de alto nivel académico que genera vayan al desempleo o al subempleo²⁸ (Cruz, 2008).

²⁸ Entre las historias de éxito en innovación tecnológica que la UAM-I posee está la invención de las llamadas «plantas anaerobias aceleradas» —para tratamiento de aguas residuales—, que después de ser patentadas han servido para la creación de diez empresas, de las cuales cuatro fueron constituidas por

Respecto al tema de la transferencia de tecnología de alto nivel podemos observar que su incorporación en las empresas mexicanas ha permitido que éstas se desarrollen y consoliden dentro de los mercados nacional e internacional, lo cual propicia la generación de empleos bien remunerados para los investigadores mexicanos. En nuestro país este despunte de la industria se dio a partir de la década de los noventa, cuando ciertas compañías de diversos rubros empezaron a acercarse a los centros de investigación y universidades para solicitar asesoría en la producción, manejo y comercialización de sus productos, con el fin de disminuir costos y aumentar su competitividad.

Dentro de los pioneros en el apoyo a las empresas se encuentra la UNAM, por medio de un grupo de investigadores, docentes y alumnos, encabezados por Jaime Martuscelli, coordinador de Innovación y Desarrollo, quienes han elaborado programas y proyectos para incorporar diversas técnicas a las industrias. La función de este equipo es conectar a la gente que genera ideas, y tiene la capacidad para hacer investigación y desarrollo, con las personas que necesitan ese conocimiento para avanzar en su empresa.

Actualmente, además de la UNAM, existen otras instituciones que cuentan con una importante participación en el sector como el IPN y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). La transferencia tecnológica ha sido la base para que muchas empresas bajen sus costos y mejoren y aumenten su producción, lo que deriva en una mayor competitividad en el mercado nacional y extranjero. Un gran porcentaje de las industrias que hasta hace unos años se dedicaban a la maquila, ahora son productoras de artículos de alta calidad que compiten con otras por el mercado, esto les permite exportar más del 50% de su producción a otros países. Un buen ejemplo son las empresas de Tijuana y Baja California Norte que elaboran pantallas y que de cada diez una la venden en el mercado doméstico y en el extranjero comercializan las otras nueve. Por otro lado, dos de los estados que presentan un importante avance industrial son Querétaro y Sonora, en donde las empresas aumentaron significativamente debido al impulso promovido por los gobiernos federal, estatal y municipal.

Para el doctor José Luis Fernández Zayas —quien fuera coordinador general del FCCyT— el futuro de las empresas de transferencia de tecnología se encuentra en las

egresados de esta institución. También han desarrollado procesos patentados que dieron origen a empresas de biopolímeros y de aprovechamiento de harina de camarón y, a partir de convenios con Industria Peñoles, aportaron además procesos innovadores y limpios para la industria minera (Cruz, 2008).

universidades y los centros de investigación, los cuales desde hace tiempo desarrollan estrategias tecnológicas para implementarlas en las diversas industrias nacionales (Cerón, 2009).

V.9. Investigación con misión

Es innegable que otro de los retos más importantes a los que México se enfrenta es el de utilizar el conocimiento como una herramienta fundamental para mejorar las condiciones de vida de la población. De aquí la relevancia de la «investigación con misión», la cual tiene como método obtener información en torno a un tema específico con la finalidad de coadyuvar en el diseño de políticas públicas útiles y responsables. Este esfuerzo opera desde el año 2001 en el Centro de Investigación en Nutrición y Salud (Cinys), del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) y cuenta con una plantilla de apenas treinta investigadores. El Cinys es de los centros más recientes y pequeños del INSP, pero al mismo tiempo uno de los que mayor impacto ha tenido como resultado de sus proyectos bajo este esquema, que entre sus principales procesos promueve la descripción de la magnitud y distribución de los problemas, así como una respuesta social a los mismos.

Una de las investigaciones realizadas por el Cinys fue utilizada para reformular la leche de Liconsa; a su fórmula original se le incluyó hierro, lo que contribuyó a reducir los niveles de anemia en la población infantil. Asimismo, el centro propuso el diseño de un componente de comunicación educativa con la finalidad de reforzar la información acerca de los beneficios que los niños menores de dos años obtienen al ingerir este tipo de lácteo, así como su forma correcta de preparación; ya que la evaluación de la eficacia de las políticas y programas públicos es otra de las funciones del Cinys.

Los resultados de sus investigaciones están dirigidos, principalmente, a aquellos individuos que toman las decisiones en cuanto a la aplicación de políticas y programas públicos, desde organizaciones civiles hasta legisladores y secretarios de Estado. También están enfocados a la comunidad científica internacional, ya que se trata de conocimiento de frontera que puede ayudar a implementar programas similares en otras naciones. Y, finalmente, el grupo más beneficiado es la población general, que al acceder a este tipo de información puede tener la certeza sobre las acciones realizadas a nivel gubernamental en torno a su nutrición (De la Peña, 2007 b).

V.10. Descentralización

El Sistema de Centros Públicos de Investigación (CPI) del Conacyt representa uno de los primeros esfuerzos por llevar el desarrollo científico y tecnológico fuera de la capital. En julio de 2007, el CPI celebró su décimo quinto aniversario con tres mil quinientos científicos y tecnólogos distribuidos en 42 puntos del país, y durante el 2006 atendió a casi 7 mil empresas.

Algunos de sus logros científicos y tecnológicos más relevantes son: la telefonía rural satelital, los sistemas potabilizadores portátiles, la clonación del agave tequilero, la construcción del telescopio milimétrico más grande del mundo, los marcadores moleculares que detectan tempranamente el cáncer cérvico-uterino y la medición de programas sociales para evaluar su impacto.

Actualmente, dichos cambios se clasifican en tres grandes áreas: diez están destinados a las ciencias exactas y naturales, ocho a las ciencias sociales y humanidades, ocho al desarrollo e innovación tecnológica y uno al financiamiento de estudios de posgrado. Después de más de tres lustros de existencia, y con el fin de aumentar su impacto entre la sociedad, el CPI busca ya no ser considerado sólo un conjunto de centros de investigación sino una red multidisciplinaria de educación superior e innovación.

No obstante, la historia de estos centros inició en 1970 cuando el Conacyt creó las primeras instituciones con el fin de desconcentrar las actividades del conocimiento. En una primera etapa estuvieron coordinados por la desaparecida Secretaría de Programación y Presupuesto y después por la SEP —se denominaba Sistema SEP-Conacyt—. En 2002, y tras la publicación de la Ley de Ciencia y Tecnología, el Sistema de Centros Públicos de Investigación fue finalmente reconocido. Hoy en día está conformado por dieciséis centros, cuatro colegios, cuatro institutos, dos fideicomisos y una sociedad anónima. Además, el CPI dispone de diversos esquemas de vinculación con la iniciativa privada, desde talleres de capacitación hasta programas de posgrados en donde los alumnos cursan una parte de su formación académica en las empresas. Aunque todavía es necesario fortalecer esta área, y un paso importante en este sentido es aumentar la difusión de las capacidades y servicios de este sistema, uno de los fines del CPI —la vinculación— ha impactado favorablemente en su entorno; como en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), ubicado en Sonora, el cual tras un proyecto de investigación logró que productores mexicanos de jitomate exportaran su producto a Japón luego de treinta años de prohibición, al demostrar que el riesgo de introducir plagas a territorio

japonés era infundado. Recientemente el Instituto de Ecología (Inecol) resolvió un caso similar, al conseguir que las exportaciones de aguacate hacia Estados Unidos fueran permitidas.

Respecto a la formación de recursos humanos, el CPI no sólo se plantea instruir al personal que el país requiere en el corto plazo sino también el que necesita a largo plazo. No debemos olvidar que en la actualidad existen dos grandes tendencias en el conocimiento: la biotecnología y la nanotecnología, por lo que indispensable dotar a la sociedad de especialistas en dichas disciplinas, pero sin olvidar temas trascendentales y de interés nacional como el agua, la energía o la salud (González, 2007 b).

Por otra parte, es necesario señalar que todavía en junio de 2008 los factores que inhibían el desarrollo a nivel estatal en México seguían siendo la ausencia de un enfoque federalista en ciencia, tecnología e innovación; la insuficiencia de recursos; y la descoordinación. En ese mismo año los fondos mixtos (Fomix) fueron el principal instrumento para que estados y municipios dispusieran de recursos que apoyaran la solución de problemas considerados estratégicos, por medio de proyectos de ciencia y desarrollo tecnológico. El programa es operado por el Conacyt por medio de un fideicomiso que conjunta aportaciones federales y estatales equivalentes. Asimismo, en cada entidad existe un comité definitorio en el que participan representantes de distintos sectores, como el empresarial y el académico; sin embargo, como requisito los proyectos deben solucionar determinadas problemáticas estatales y que el conocimiento generado desde el punto de vista científico sea de calidad.

No obstante, uno de los problemas más graves que enfrenta el programa es que el proceso de convocatoria a nivel nacional le quita tanto esencia a los consejos estatales de ciencia como poder de decisión a las entidades federativas de acuerdo a las vocaciones productivas. Tampoco se ha logrado una coordinación estratégica entre las secretarías de desarrollo económico locales y las dependencias federales, razón por la cual algunos creen que se asignan proyectos que no toman en cuenta las necesidades de los estados.

Para Fernández Zayas, la mayor parte de los proyectos derivados de los fondos mixtos se concentra en la región sur-sureste y noreste del país —regiones de altos y bajos ingresos, respectivamente—, por lo es necesario la participación de otras zonas geográficas que tendrían que homogeneizar su participación económica en los Fomix, para que de esta forma las empresas, instituciones y universidades involucradas puedan cubrir un mayor número de necesidades económicas, sociales y técnicas. También es necesario dotar a los estados de mayor

autonomía en el manejo de los recursos económicos federales destinados a actividades del conocimiento, además de garantizar la equidad en la distribución de los mismos, transparencia en su manejo y un incremento en los montos asignados. Bajo el esquema actual es imposible generar un programa de largo aliento, ya que cada año se desconoce la cantidad de recursos que se dispondrán, por lo que es necesario reorganizar los gastos estatales y sumar montos adecuados de orden federal para así realizar proyectos de mayor envergadura, cuyos resultados darán a conocer su eficacia y convencerán a la sociedad del beneficio que representa invertir en ellos (González, 2008).

En junio del año pasado se emitió un pronunciamiento denominado «Declaración de Tepic», suscrito por un amplio y representativo número de actores de los ámbitos académico, empresarial, gubernamental y legislativo. Dicha declaración considera que los Fomix deben apuntalarse y sumar otros mecanismos de fomento, pero para ambos casos sostiene que es indispensable que se fundamenten en la federalización y la diversidad de las regiones y expone la necesidad de perfeccionar los rubros de transparencia, eficiencia administrativa y calidad en la evaluación de los proyectos para que cumplan eficientemente el objetivo de resolver problemas o desafíos regionales. De igual modo, plantea incentivar a gobiernos municipales y estatales, y a sus respectivas legislaturas, a que incorporen ciencia, tecnología e innovación en sus planes presupuestales y a que definan recursos destinados a instituciones educativas y a la investigación.

En la Declaración de Tepic se establece que la igualdad, equidad e independencia del gobierno son algunos de los mecanismos para fortalecer los sistemas estatales de CyT; insta a que el Presupuesto de Egresos de la Federación mantenga un principio de proporcionalidad con el fin de abatir rezagos entre las distintas regiones del país; y coloca a los consejos estatales de ciencia y tecnología como actores principales para cristalizar cambios como los ya señalados.

V.11. Innovación

Para el presidente de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico (Adiat), el ingeniero Leopoldo Rodríguez, es necesario poner en práctica un modelo de desarrollo a partir de la innovación regional que conlleve mayores

beneficios en lo económico, social e incluso ambiental. Al respecto hace una propuesta considerada en forma piramidal y basada en tres componentes. En la parte superior se establece el desarrollo de los sectores estratégicos —como el energético en el caso de México— debido a su importancia económica. En el siguiente nivel ubica al desarrollo por sectores —ambiental o agrícola, por mencionar algunos— con una amplia perspectiva de nación. Finalmente, describe que la plataforma de la estructura debe estar comprendida con el desarrollo regional y plantea que las regiones deben crear una actividad económica coherente con su entorno y/o capacidades.

Desde hace más de un año, la Adiat en conjunto con la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología (Rednacecyt) y la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce (Cofupro), promueve los sistemas de innovación regional como base del desarrollo local. Con ello, se busca que cada región —uno o más estados—, además de utilizar la transferencia de conocimientos proveniente de su entorno o de otros países, tenga la capacidad de producir de manera endógena una innovación ligada a su actividad productiva, ya que de lo contrario se entraría a un esquema riesgoso basado sólo en la adopción tecnológica, que eventualmente no es posible sostener debido a que se desatienden las particularidades locales. En este sentido, la Adiat destacó que el país cuenta con instituciones de educación superior que generan suficientes recursos humanos a nivel de licenciatura capaces de jugar un papel importante en el desarrollo de innovación regional y que hasta el momento han sido desaprovechados (De la Peña, 2008).

Colocar a la innovación como un tercer eje central en la actual Ley de Ciencia y Tecnología es una tarea que generó una larga discusión y búsqueda de criterios comunes entre los principales actores involucrados en la materia —academia, sector productivo, gobierno y organismos especializados, entre otros—.

En septiembre de 2008, la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) hizo un pronunciamiento público y dio a conocer una estrategia de cinco ejes cuyo fin es alcanzar una política de Estado en ciencia, tecnología e innovación y señaló que es necesario que el país realmente destine el uno por ciento del PIB en estos rubros. El primer eje sostiene que es indispensable impulsar una política con visión de Estado, sustentada en seis principios básicos: federalista, participativa, de colaboración respetuosa de la legalidad, corresponsable y comprometida con la transparencia y rendición de cuentas. El incremento sostenido del gasto público en ciencia y tecnología es autofinanciable, aunque se requiere un impulso inicial, el

desarrollo de las capacidades científico-tecnológicas tiene efectos multiplicadores, casi inmediatos, que se expresan en incrementos en la productividad, competitividad, producción, empleo e ingresos.

De manera específica, la AMC propuso crear tres nuevos proyectos: un programa para incorporar a jóvenes investigadores a las instituciones de educación superior, centros de investigación y sector productivo; un fondo destinado a la infraestructura necesaria para el óptimo desarrollo de las actividades científicas y los avances tecnológicos que se están realizando en instituciones de educación superior y centros de investigación; y un fondo para impulsar el desarrollo de parques científico-tecnológicos en todo el país. Para esto el Programa de Estímulos Fiscales debe modificar sus reglas de operación, con el fin de incentivar el desarrollo científico y tecnológico que realiza el sector privado en actividades económicas de alto impacto en la productividad y la competitividad sectorial y regional, y priorizar el desarrollo tecnológico y la innovación de las pequeñas y medianas empresas.

En cuanto a la vinculación como uno de los principales motores de la innovación, en la actualidad, el gran problema de México es que no hay instituciones de transferencia o interfase, lo que dificulta la relación entre los sectores académico y productivo. De modo que es preciso impulsar un capitulado legal que haga posible la formación de organizaciones entre empresas y universidades o centros públicos de investigación estableciendo claramente asuntos como derechos de propiedad o reparto de beneficios.

Para Martín Puchet Anyul, experto de la Facultad de Economía de la UNAM, existen diversos retos para impulsar la innovación, pero quizá el más complejo de resolver sea el trasfondo cultural que impera tanto en la academia como en las empresas, ya que no se tiene la costumbre de asociarse con el objetivo de resolver problemas y eso se agrava cuando tampoco existen reglas puntuales para esa interacción. Una vez que científicos, tecnólogos y empresarios superen dicho obstáculo, es necesario establecer lineamientos claros y en este sentido la nueva ley puede contribuir enormemente (Torres Cruz, 2008 a).

En torno a la política de innovación, en enero de 2009, y después de siete años, el gobierno federal decidió dar por terminado el esquema de estímulos fiscales en la materia, para dar paso a tres nuevos programas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, los cuales tienen como prioridades incentivar la inversión por parte del sector privado, estimular la competitividad empresarial, federalizar la materia y la vinculación con el sector académico, ya que es allí en donde se genera el conocimiento de frontera. Leonardo Ríos Guerrero, director

adjunto de Desarrollo Tecnológico y Negocios de Innovación del Conacyt, considera que si bien, en términos generales, el Programa de Estímulos Fiscales obtuvo buenos resultados al aumentar el porcentaje de participación empresarial en la inversión de ciencia y tecnología, y colocarlo casi a la par del gasto federal en la materia, la evaluación hecha por la OCDE en torno a la política de innovación nacional arrojó ciertas recomendaciones para su mejora, razón por la cual decidieron reemplazar dichos incentivos fiscales por esquemas de estímulo directo a la inversión.

El primero de éstos es el Programa de Innovación Tecnológica de Alto Valor Agregado (InnovaPyme), el cual tiene la característica de ser el único del nuevo esquema que está destinado específicamente a un sector empresarial: el de las llamadas pequeñas y medianas empresas, debido a que una de las recomendaciones más importantes de la OCDE refería la necesidad de desarrollar este tipo de compañías. Este programa tiene asignados un estimado de 600 millones de pesos. El segundo es el Programa de Desarrollo e Innovación en Tecnologías Precursoras (Proinnova), en el que el gobierno federal pretende invertir 700 millones de pesos, y tiene como principal interés financiar y complementar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico hechos por empresas en colaboración con centros educativos y de investigación. Con ello, según estimaciones del Conacyt, se pretende generar cerca de 40 consorcios entre los sectores académico y privado. Finalmente, se implementó el Programa de Innovación Tecnológica para la Competitividad de las Empresas (Innovatec), con un monto de mil doscientos millones de pesos, dicho programa promoverá la inversión en investigación y desarrollo tecnológico en las empresas para aumentar su competitividad, y para que puedan contribuir a la creación de fuentes de empleo de calidad y al crecimiento económico del país. Algunos de los objetivos que persigue son el desarrollo de centros privados de investigación y desarrollo de tecnología, así como la promoción de esquemas de protección de propiedad intelectual (Héctor de la Peña, 2009 a).

En su conjunto estos tres nuevos programas tuvieron una reducción de 2 mil millones de pesos con relación a su predecesor, el cual tenía asignados 4 mil quinientos millones; es evidente que ante la actual devaluación de la moneda los costos de los proyectos se incrementarán, situación que podría mermar aún más el impacto que se pretende tenga la innovación sobre el desarrollo económico nacional y regional.

No obstante, y a diferencia del anterior, los actuales programas de innovación otorgan recursos directos, lo que significa que las empresas beneficiadas podrán obtenerlos antes de

iniciar sus proyectos tecnológicos. Asimismo, con el objetivo de incentivar la vinculación y federalización en materia científica y tecnológica, cada entidad federativa tendrá asignado entre 20 y 30 millones de pesos de estos programas a fin de que las empresas locales participen en el desarrollo regional.

Una de las recomendaciones más importantes que la OCDE hace a nuestro país, en su «Revisión de la política de innovación en México» (2008), es la que plantea la necesidad de que el Conacyt delegue a los estados las responsabilidades en materia de selección de proyectos y administración de temas relacionados con la ciencia y la tecnología. De esta forma, los propios consejos estatales y las secretarías de desarrollo social locales serán quienes evalúen los proyectos, a fin de brindar una respuesta expedita para cada solicitud y acelerar la operatividad del Conacyt.

Uno de los aspectos trascendentales de los nuevos programas es que no hay un proceso de toma de decisiones desde el punto de vista central sino que en las evaluaciones participan subcomités estatales —generados ex profeso para estos programas— que ubican las necesidades y áreas de oportunidad que en materia de ciencia y tecnología presenta cada entidad federativa. Todos los estados tienen la capacidad de implementar un sistema de innovación competitivo y exitoso ya que cuentan con recursos humanos de gran calidad y, por ende, sólo se requiere identificar una actividad local en la que se puedan involucrar la ciencia y la tecnología en beneficio de la comunidad.

El nuevo esquema también plantea un tope máximo, de esta forma ninguna empresa podrá beneficiarse con más del 5% del total del monto asignado a cada uno de los programas de innovación mencionados, ya que uno de los puntos más cuestionados del extinto Programa de Estímulos Fiscales fue el referente a la concentración de recursos en unas cuantas manos. En este esquema todas las empresas tienen igualdad de oportunidades, sólo tienen que estar inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (Reniecyt) para poder presentar proyectos y acceder a los recursos.

Resulta sintomático que en el año 2001 sólo el 20% de la planta manufacturera instalada en México desarrollaba tecnología propia, mientras que el resto importaba todos sus equipos. Cinco años más tarde la proporción de empresas mexicanas innovadoras aumentó 16 puntos porcentuales y se busca que en 2009, a pesar de la crisis, con la creación de estos fondos supere dicho porcentaje. Los Fomix complementan un proyecto más ambicioso, modificar la Ley de Ciencia y Tecnología, vigente desde 2002, para incluir el concepto de

innovación y formalizar la obligación del gobierno federal de estimular los vínculos entre el sector científico y la planta productiva.

Víctor Reyes Peniche, director de Negocios de Innovación del Conacyt, señala que las autoridades y las cámaras empresariales —como la Confederación de Cámaras Industriales (Concamín), la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (Canacintra) y el Consejo Coordinador Empresarial (CCE)— están haciendo un esfuerzo conjunto para que se entienda claramente el vínculo que existe entre inversión en nuevas tecnologías y mejores niveles de competitividad. También señala la existencia de empresas mexicanas que realizan innovación, pero afirma que es indispensable seguir reinvertiendo y generando más innovaciones, ya que los competidores buscan alcanzar rápidamente a las empresas innovadoras o simplemente los copian. Por ello, recomienda a las empresas que sigan invirtiendo parte de sus ganancias en investigación, lo que les dará utilidades en el mediano y largo plazo (Cruz, 2009 b).

La pregunta es si estos tres fondos de apoyo directo a la innovación van a ser realmente aprovechados para mejorar la productividad o serán utilizados como paliativos para sobrevivir a la crisis; también se tendrá que analizar si todas las acciones emprendidas arrojan resultados medibles, a fin de verificar si son o no productivas, y en virtud de ello seguir invirtiendo en dichos programas. Evidentemente existe el riesgo de que no se usen adecuadamente para lo que fueron concebidos y, por ende, se ha insistido en otorgar estos recursos únicamente cuando haya vinculación con los centros de investigación. Y es aquí en donde se tendrá que mostrar en acción el Triángulo IGE de Sábato.

Para el presidente de la Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Económico (AMSDE), Mario de la Cruz Sarabia, la innovación debe ser un proceso permanente para todas las industrias y no sólo considerarse como una oportunidad de crecimiento frente a la actual crisis económica mundial, sobre todo si se pretende incrementar y mantener la competitividad. En este sentido, la AMSDE firmó un convenio de colaboración con el Conacyt a fin de promover los programas —InnovaPyme, Innovatec y Proinnova— entre las empresas de cada entidad ya que como secretarios de desarrollo económico locales conocen las necesidades y alcances que tienen las industrias locales. Considera que los programas de estímulo a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación representan una oportunidad para las regiones nacionales que hasta ahora muestran un retraso tecnológico importante, como es el caso de la zona sur-sureste. La AMSDE ha evaluado los sectores en los que podrían trascender los estados de esta región para que de allí se desprendan sus proyectos de innovación y

desarrollo tecnológico, ya que es importante que cada región identifique su propia vocación (De la Peña, 2009 b).

Por su parte, el doctor Eduardo Ruiz Esparza Flores, presidente de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (Canieti), señala que la innovación es un aspecto que puede sacar a las empresas adelante de la turbulencia económica, como sucedió en la llamada Gran Depresión (1929-1939). Por esa razón, la Canieti en colaboración con el Conacyt impulsa entre sus agremiados talleres específicos con el objetivo de incentivar entre las empresas, sobre todo las pequeñas y medianas, su capacidad inventiva, pero basada en demandas específicas del mercado. En la Canieti no sólo las grandes empresas tienen la capacidad de innovar, por eso es que trabajan con cierto número de Pymes en cada estado a fin de obtener casos de éxito concretos, y que éstas sean la punta de lanza en sus entidades por medio de los desarrollos innovadores creados, las cuales no necesariamente tienen que ser de alta tecnología. La creación de una nueva idea que se pueda llevar al mercado es innovación. Considera que los programas de estímulo a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación, que actualmente opera el Conacyt — Innovatec, InnovaPyme y Proinnova—, son un acierto de la política federal, aunque hace hincapié en que otros programas gubernamentales de estímulo a la innovación sufrieron una reducción en su presupuesto, tal como ocurrió con el Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (Prosoft) de la Secretaría de Economía, que cada año ve mermados sus recursos, a lo que debe agregarse el efecto de la devaluación al que se enfrenta la moneda nacional (De la Peña, 2009 c).

Por su parte, la OCDE dio a conocer un estudio en junio de 2009, como parte de la estrategia que realiza con sus Estados miembros, en torno al desempeño de las políticas en innovación regional, sobre todo en la actuación de los gobiernos; el documento denominado *Revisiones de la innovación regional: 15 estados mexicanos* hace un análisis sobre la situación que guarda la innovación regional en México y en parte explica y se pronuncia sobre el estancamiento de la productividad y competitividad de todo el país²⁹. Puntualiza que en nuestra nación no existe un enfoque coordinado de políticas para el desarrollo regional. Además de que los esfuerzos actuales encaminados al desarrollo de las comunidades se han centrado en la pobreza o en la infraestructura, más que en la competitividad regional. Otra de las observaciones referidas es que el 41% del PIB se concentra en sólo el 10% de las regiones y

²⁹ Anexo IV.

señala que la política nacional en la materia reconoce cada vez más la importancia de los sistemas de innovación regional, en los cuales se requiere mayor participación de los estados para fomentar la ciencia, tecnología e innovación. De acuerdo con la OCDE, los Fomix del Conacyt son el medio más directo para promover el desarrollo científico y tecnológico en los estados y municipios.

De igual forma, estipula que el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación, de reciente creación, tiene un enfoque innovador al centrarse a la vez en regiones geográficas —estados o municipios vecinos— y en regiones temáticas —grupos de estados o municipios que comparten un problema común—, el cual podría ser un instrumento que establezca una colaboración regional flexible, solucione problemas socioeconómicos importantes de manera más eficaz y aumente potencialmente el tamaño promedio de los proyectos financiados y que al mismo tiempo reduzca los costos de transacción y ofrezca mejores incentivos a los participantes de los proyectos.

En cuanto al tema de la educación, establece que es necesario que el nivel superior se oriente al apoyo de *clusters* regionales. Aunque advierte que la SEP no utiliza una política que promueva tal participación; no obstante, otros órganos federales, como el Conacyt, y en menor medida la Secretaría de Economía, ofrecen distintos tipos de estímulos, como ocurre en otros países miembros de la OCDE, de los cuales México podría adecuar algunos casos de éxito (OCDE, 2009).

V.12. Financiamiento para las actividades de ciencia, tecnología e innovación

Para la doctora Rosaura Ruiz Gutiérrez, presidenta de la AMC, la nueva forma que utiliza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) para medir el PIB indica que en los últimos años la inversión real en ciencia y tecnología es de apenas el 0.42% del PIB, en lugar del 0.47 que se venía señalando. El planteamiento de la AMC es que el gobierno respete la Ley de Ciencia y Tecnología e invierta por lo menos el 1%, pero no en forma inmediata sino en un periodo aproximado de cuatro años. La propuesta es que al gasto actual se sumen cada año 15 mil millones de pesos más, de los cuales al gobierno le corresponderían sólo 11 mil millones a fin de que en 2012 se alcance la meta planteada en la legislación. Si el gobierno considera que la

propuesta de la AMC es excesiva, entonces debe reconocer su eventual incumplimiento de dicha ley.

En cuanto a la repartición de los montos, Ruiz sugiere que los 2 mil quinientos millones de pesos que se planean destinar a los nuevos programas de fomento al desarrollo tecnológico y la innovación, y que en buena parte serán dirigidos directamente al sector productivo, fueran etiquetados para aquellos proyectos vinculados con centros de investigación pública, instituciones de educación superior o institutos nacionales. No se puede permitir que suceda lo que ocurrió con el Programa de Estímulos Fiscales, al que se dedicaron 18 mil quinientos millones de pesos a lo largo de su existencia (2001-2008) sin obtener un impacto significativo en el desarrollo tecnológico ni en la innovación. Una clara muestra es que las patentes registradas en el país por connacionales se mantuvieron en un precario promedio de 132 al año, al tiempo que las patentes de extranjeros crecieron exponencialmente, lo que indica que dicho programa apoyó más el desarrollo foráneo. La AMC hace un llamado para recuperar el equilibrio entre el apoyo a la ciencia básica y la aplicada —desarrollo tecnológico e innovación—, ya que tras la ausencia de la primera, eventualmente no habría nada por aplicar.

En el ámbito gubernamental, la idea de aprovechar el conocimiento y convertirlo en innovación y oportunidad de desarrollo económico ha sido asimilada e incluso proyectada en algunos planes de gobierno. Sin embargo, todavía no se vislumbra en los hechos ni se ha visto reflejado en el presupuesto, como acertadamente advirtió el gobernador de Nuevo León, Natividad González Parás.

La partida directa prevista por primera vez en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación (PPEF) 2009 para que la industria impulse los llamados negocios con valor agregado es vista con buenos ojos por parte del gremio. Sergio Peralta Sandoval, miembro y vínculo de la Confederación Patronal de la República Mexicana (Coparmex) con el FCCyT, celebró la inversión de 2 mil quinientos millones de pesos que se proyectaron para ese año, los cuales supuestamente se destinarán a los nuevos programas de fomento al desarrollo tecnológico y la innovación. Con ello se busca generar proyectos en conjunto con los organismos y centros de investigación, lo que es sumamente importante ya que se trata de un aliciente para la vinculación de las empresas y un nicho de oportunidad que todos los directivos deben aprovechar. Referente a la Coparmex, plantea que hay interés por parte de los empresarios en el desarrollo científico y tecnológico; un ejemplo son los estímulos que se dan a los jóvenes empresarios para lanzar nuevas firmas que utilicen procesos innovadores.

En el Congreso de la Unión la postura de los presidentes de las comisiones de Ciencia y Tecnología de las cámaras de Senadores y Diputados es que el gasto social, en salud, educación y ciencia no debe bajo ninguna circunstancia sufrir recortes presupuestales. Se espera que los ajustes se realicen en el gasto corriente para mantener la inversión a la alza.

Para el legislador del Partido de la Revolución Democrática (PRD), Francisco Castellón Fonseca, el presupuesto no crece mucho en términos reales por lo que es necesario tomar otro tipo de medidas, como involucrar más a las entidades federativas para que aumenten los recursos que destinan al ramo.

Respecto a las complicaciones de alcanzar el 1% del PIB en ciencia y tecnología, para Castellón Fonseca, quien además es presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Senado, los legisladores tienen toda la voluntad de aumentar constantemente el presupuesto del sector. Sin embargo, menciona que el problema es que se carece de una política de Estado que destine dichos recursos, por lo que se tiene la perspectiva que para el Ejecutivo esta área no es estratégica. En tanto, Silvia Luna Rodríguez, presidenta de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados, manifestó que desde ese recinto se deben buscar y construir los mecanismos legales que garanticen un incremento real a esas áreas; por ello, con la reforma a la Ley de Ciencia y Tecnología se promoverá que el presupuesto de egresos se incremente, cuando menos en la misma proporción en que se prevea el crecimiento del PIB y en congruencia con la disponibilidad de recursos que autorice el Congreso de la Unión.

En el marco de la entrega del Premio México de Ciencia y Tecnología 2007, el 27 de octubre de 2008, el presidente de la República, Felipe Calderón Hinojosa, manifestó que México tiene muy claro que el éxito o el fracaso de las naciones en el siglo XXI no dependen de los recursos naturales, sino fundamentalmente, de la forma en que se acceda a la sociedad del conocimiento y, en consecuencia, de la preparación de técnicos, científicos, tecnólogos, ingenieros y humanistas.

La investigación científica y la innovación tecnológica son esenciales para impulsar el desarrollo de nuestros países (latinoamericanos), dinamizar el crecimiento económico, elevar la competitividad, avanzar en la restauración del equilibrio ecológico y promover la igualdad de oportunidades entre la población (Torres Cruz, 2008 b).

En referencia a la crisis económica internacional, el presidente de la República dijo que si existe algo seguro en lo que los inversores pueden apostar indudablemente es en ciencia y tecnología. Por ello, declara, existe un compromiso con el fortalecimiento de la inversión pública y privada en el rubro.

Como parte de ese compromiso, en el proyecto de Presupuesto para 2009, propuesto al Congreso de la Unión, propuse que la inversión federal en estas áreas sea superior a 43 mil 450 millones de pesos, es decir, 11 por ciento más en comparación con la autorizada en 2008, que a su vez ya había registrado incremento respecto de 2007 (Torres Cruz, 2008 b).

Del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) —recientemente puesto en marcha—, el presidente explicó que su objetivo es, por un lado, fortalecer el vínculo de la investigación científica y la innovación tecnológica con los sectores productivos del país; y por otro, reforzar la generación de nuevos científicos del más alto nivel en las áreas que mejoren la calidad de vida y la productividad. «Hablamos, por ejemplo, de cuestiones como la biotecnología, la medicina, el medioambiente, la energía y las tecnologías de la información, entre otras» (Torres Cruz, 2008 b).

Otro punto del PECiTI enlistado por Calderón Hinojosa fue el concerniente a la descentralización de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación para lograr un desarrollo regional más dinámico y equilibrado, a fin de convertir al país en un destino de inversión clave en el mundo (Torres Cruz, 2008 b).

En noviembre de 2008 la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados aprobó por unanimidad pugnar por obtener incrementos adicionales para este rubro en el Presupuesto de Egresos de la Federación 2009, del orden de 3 mil 457 millones de pesos. Su apuesta es incrementar el número de recursos humanos y mejorar la infraestructura de instituciones de investigación en todo el país. De esta forma, decidieron aumentar el presupuesto 2009 en áreas que consideran claves para el desarrollo científico y tecnológico, tomando en cuenta las opiniones de los consejos estatales de ciencia y tecnología, del FCCyT, así como de las empresas. Los legisladores miembros de la comisión propusieron asignar recursos adicionales a las áreas de formación de recursos humanos, federalización de la ciencia, infraestructura y equipamiento de laboratorios, así como a los fondos mixtos y regionales.

Estos últimos involucran proyectos de diferentes estados con una problemática común. También consideran que las entidades federativas tienen que determinar sus prioridades e involucrar a la ciencia como una herramienta para su desarrollo y que deben priorizar su fomento y el de la tecnología para resolver sus problemas; con estas nuevas mediadas sus instituciones de investigación podrán contar con mayor financiamiento por medio de los concursos federales y estatales.

Asimismo, la Cámara de Diputados aprobó una modificación a la Ley de Ciencia y Tecnología para aumentar gradualmente los recursos destinados a este sector, hasta llegar al 1% del PIB, tal y como establece la ley desde 2004 y que no se ha cumplido. Las reformas al artículo 9 bis de esta ley persiguen el objetivo primordial de brindar certeza a la investigación científica y a todos los proyectos relacionados —cuya naturaleza no permite su consolidación a corto plazo— para que los recursos no disminuyan sino por el contrario aumenten anualmente. Esta reforma se realizó para que no se repitieran los «bandazos» como en ejercicios presupuestales anteriores, en donde en ocasiones los recursos asignados a ciencia y tecnología eran menores a años anteriores. A partir de este presupuesto, el monto que se asigna no podrá ser menor en 2010 y una vez alcanzado el 1% del PIB, los aumentos serán conforme al movimiento inflacionario (Torres Cruz, 2008 c).

No obstante, y a pesar de que ya se tiene una Ley para Ciencia y Tecnología, que se han consolidado ramos presupuestales específicos y que se presentó el PECÍTI, en enero de este año el FCCyT señala que en México todavía no es posible afirmar que existe una política de Estado en ciencia, tecnología e innovación debido a que ninguno de los esfuerzos implementados ha sobrevivido los cambios sexenales de gobierno y aún no se ha cumplido el objetivo central de destinar el 1% del PIB.

En este sentido, para el doctor Juan Pedro Laclette San Román, coordinador general del FCCyT, el contexto mundial de crisis económica puede ser la gran oportunidad para que México por fin entienda que la innovación es la herramienta para volver a escalar posiciones en materia de competitividad. Respecto a lo que se puede mejorar en este momento para construir una política de Estado en CyT, plantea que hay que trabajar en el problema de la gobernanza del sistema científico y tecnológico nacional y que a pesar de que la ley considera algunos mecanismos para inducir esta coordinación, no se ha dado con la profundidad requerida. Pone de ejemplo el caso de los fondos sectoriales, en donde las secretarías de Estado definen los objetivos y aportan la mitad del dinero, y aunque los mecanismos están establecidos en la ley,

en la práctica no ha habido coordinación suficiente y llega a ocurrir que de un año al siguiente se modifican los objetivos.

Otro de los retos pendientes para Laclette es el de la descentralización y al respecto señala que aunque hoy prácticamente las 32 entidades federativas cuentan con leyes o consejos estatales de ciencia, esto aún no se refleja en apoyos presupuestales. Afirma que los estados han entendido bien el derecho que tienen para definir los objetivos en el tema de investigación y desarrollo, pero que no comprenden del mismo modo la obligación que tienen para respaldar presupuestalmente los esfuerzos de innovación. Si la proporción de captación de impuestos es 70% federal y el resto estatal, se debería ver la misma proporción en inversión en CyT; sin embargo, en la actualidad las entidades federativas invierten apenas el 5% (Cruz, 2009 a).

A pesar de las buenas intenciones del gobierno de aumentar los recursos en el sector, la realidad es que México invierte en un año el equivalente al 0.4% en promedio de su PIB en I+D, porcentaje que lo sitúa en el último lugar entre las 30 naciones que pertenecen a la OCDE; lo que equivale a 51 mil 450 millones de pesos, unos 3 mil 958 millones de dólares, este bajo monto representa una carencia que limita el crecimiento de la economía y frena la capacidad de respuesta ante las emergencias —como ocurrió con la epidemia de influenza AH1N1—. Según el BM, la economía de México de acuerdo a su tamaño es la decimotercera del mundo; no obstante, si se mide en términos del ingreso per cápita es la número 74. En promedio, el gasto destinado por los países de la OCDE a I+D equivale al 2.3% del PIB. En este sentido, la nación que más invierte es Suecia (3.8%), seguido por Finlandia (3.5%), Japón (3.4%) y Corea del Sur (3.1%).

Nuestro país también ocupa el último puesto en cuanto a personal que se desempeña en las áreas científica y tecnológica y en registro de patentes. Respecto al primero rubro sólo dos de cada mil empleados —formales— laboran en dichas actividades; en contraste con Finlandia —el mejor posicionado— en donde lo hacen 32 de cada mil. A partir de estos datos se puede establecer que en México trabajan unas 30 mil personas en actividades relacionadas con I+D. Por otra parte, en cuanto a las patentes, nuestro país registra anualmente dos por cada millón de habitantes, una menos que Polonia y Turquía y cuatro menos que la República Eslovaca, que son las naciones que le preceden en esta clasificación. Nuevamente a la cabeza se encuentra Finlandia (271), Suecia (270) y Suiza (265).

Finalmente resta decir que la OCDE señala que una mayor inversión en investigación y desarrollo generará más aplicaciones científicas y tecnológicas y que la inversión es un factor

fundamental para el progreso tecnológico y, eventualmente, para el crecimiento económico (OCDE, 2009).

La cuestión de la ciencia mexicana puede verse desde tres puntos de vista distintos, tenemos en primer lugar la cuestión de su nivel actual, tanto objetivamente como en relación con el lugar que ocupa en nuestra sociedad. Tenemos también el origen histórico de la situación actual que ya hemos revisado. Y, finalmente, se puede entrar en la consideración de los mecanismos que hacen que la ciencia mexicana tenga el nivel que tiene, ya que a pesar de importantes avances en los últimos años, es claramente inferior al que le correspondería al país de acuerdo a su potencial económico. En el lapso analizado podemos ver que el desarrollo de la ciencia en México durante el siglo XX ha tenido avances pero si lo comparamos con el de los países desarrollados el retraso sigue siendo muy grande.

La debilidad de la ciencia, tecnología e innovación mexicana se debe no sólo a razones económicas, sino también a la falta histórica de sensibilidad hacia esos temas de nuestra sociedad. Debido a que nuestro país no ha prestado la atención debida a estos temas desde hace mucho tiempo, éstos no han jugado un papel relevante en México y, debido a esto la sociedad no es consciente de la importancia de apoyar esas actividades. En nuestro país son escasos los políticos que entienden la utilidad de la ciencia, la tecnología e innovación, en particular su relación con las fuerzas de producción.

Después de frases retóricas sobre la importancia de apoyar la ciencia y tecnología, gobierno tras gobierno se rehúsan a dotarla de un mayor financiamiento. Nunca se implementó una política de ciencia y tecnología a largo plazo, sino hasta la administración de Vicente Fox quien la establece a 25 años, sin embargo, una vez más sólo quedó en el discurso ya que al final del sexenio no se logró cumplir con los objetivos propuestos para esa primera etapa. En cada gobierno se ha proclamado un plan de desarrollo de ciencia y tecnología que por lo general no se cumplió, cada uno de los presidentes que ha gobernado el país prometía que al final de su respectivo mandato la inversión en ciencia y tecnología alcanzaría el 1.0% del PIB pero a la fecha ninguno lo ha hecho.

Hoy los recursos siguen siendo insuficientes y están muy por debajo de lo estimado, además independiente de los miles de millones de pesos que se destinen a la ciencia y tecnología, también preocupa saber qué cantidad llega estrictamente a las investigaciones; ya que, por ejemplo, de los recursos destinados a esta materia en el rubro educativo, muchos se quedan en aspectos de docencia o en iniciativas que no tienen que ver con el quehacer

científico-tecnológico. Aunque existe un programa de becas para la preparación de científicos y tecnólogos, tanto en instituciones académicas nacionales como extranjeras, éste no tiene los resultados esperados debido a que no se aprovecha a los becarios que terminan sus doctorados ya que no es posible recibir y dar empleo a todos aquellos que están listos para producir en sus distintos campos de conocimiento, ni tampoco se construyen nuevos centros de trabajo para ellos sino todo lo contrario, ya que debido a las restricciones económicas, en los últimos años no se han abierto nuevas plazas. Otro problema es que la mayor parte de los recursos Conacyt se destinan a becas, al Sistema Nacional de Investigadores y a los centros públicos de investigación y sólo una pequeña parte se invierte en infraestructura y equipos, razón por la cual vemos que el país se está quedando obsoleto en varios ámbitos.

Los gobiernos mexicanos no parecen ver la necesidad de cambios sustanciales que eviten que una vez más nos quedemos al margen de la actual revolución tecnológica — asociada en particular con el desarrollo de la informática— pero el precio que se paga por esta ceguera política es muy alto, se empieza a perder competitividad por no estar lo suficientemente tecnificado, tecnificación que es difícil que alcance un carácter competitivo a nivel mundial mientras no haya un número suficiente de profesionales preparados. El no estar abierto a las nuevas tecnologías está hipotecando seriamente nuestro futuro.

Hace mucho tiempo que la comunidad científica ha logrado insertar en el discurso político nacional la idea de que una mayor inversión al desarrollo científico y tecnológico se traducirá en un mayor crecimiento económico y, por consiguiente, en más empleos y un amplio bienestar social e igualitario. En los hechos, sin embargo, el discurso no se ha transformado en la asignación de mayores recursos para el sector. El resultado es que México no logra hacer coincidir la inversión en ciencia, tecnología e innovación con las dimensiones de su economía y se rezaga frente a otros países que hace apenas dos décadas tenían niveles de competitividad más bajos.

El presupuesto para ciencia, tecnología e innovación que se habrá de ejercer en 2010 depende totalmente de los términos en que se apruebe el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación (PPEF) por el Congreso de la Unión y no será sino hasta entonces cuando se puedan tener expectativas sólidas al respecto. Hoy, como cada año, la cuestión está en el área de los representantes de los altos intereses de la nación, los tomadores de decisiones, los legisladores; la pregunta es si podrán superar las diatribas partidistas y de grupo y poner de una

buena vez a la ciencia, tecnología e innovación en el camino del desarrollo, la productividad y la competitividad internacionales.

Las universidades e institutos siguen haciendo énfasis en dos ideas: que la riqueza futura de las naciones se valorará en función de la preparación de sus recursos humanos; y que no se puede poner en marcha un programa serio de transformación del país para 20 o 25 años si no se coloca a la educación superior como un tema prioritario que no tenga que padecer incertidumbre presupuestal.

La Academia Mexicana de Ciencias (AMC) propone que para alcanzar el uno por ciento del PIB e impulsar la ciencia y tecnología nacionales, el gobierno debe realizar una reforma fiscal, sobre todo a la Ley del Impuesto Sobre la Renta, con el objeto de incrementar progresivamente las tasas de los estratos de mayores ingresos y destinarlos al desarrollo nacional. La renegociación del rescate bancario es otro rubro de donde se podría obtener recursos para destinarlos a programas de investigación y desarrollo tecnológico de alto impacto social y económico. También está a favor de blindar la política de investigación científica y desarrollo tecnológico contra los cambios sexenales y, en la medida de lo posible, contra los ajustes provocados por las crisis económicas.

Temas como educación, ciencia y tecnología acumulan los estragos del abandono crónico, tal y como las sucesivas comparaciones internacionales nos lo subrayan. México sigue enfrentando un reto que no ha logrado cumplir y que no puede posponer más; si quiere lograr un desarrollo económico y social, es menester definir, las áreas en las que estamos bastante avanzados, pero sobre todo cumplir con la estrategia de la política científica y tecnológica del país, sobre la base de la integración de sus capacidades financieras, de capital social, de acciones coordinadas y de la participación social de distintos actores.

Consideraciones finales

Ciencia sin conciencia no es más
que ruina del alma.
FRANÇOIS RABELAIS

Esta investigación sostiene la hipótesis de que las principales razones por las que en América Latina la ciencia y la tecnología no han evolucionado como deberían son: la falta de fondos, la ignorancia, el desinterés de los gobiernos y las trabas burocráticas y en el análisis realizado vimos que la industrialización es uno de los procesos claves para entender el desarrollo científico y tecnológico de la región. Por lo que no necesariamente se tienen que vislumbrar nuevas formas de organización, como lo planteé en la Introducción, sino más bien se tienen que implementar aquellas que fueron concebidas hace ya muchos años y que los países de la región no han logrado implantar, a diferencia de otras naciones que las han utilizado logrando resultados importantes. Lo que sí puedo confirmar es que sigue vigente el pensamiento de todos aquellos que trabajaron y contribuyeron en lo que se denominó como pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y sociedad (Placts), durante los años sesenta y setenta; en este sentido Sábato afirmó que uno de los motores del desarrollo radica en los vínculos entre el gobierno, la estructura productiva y las instituciones académicas, aspecto que hoy continúa siendo débil en Latinoamérica. Creo que todos deberíamos de sentir tristeza cuando observamos a nuestros países y vemos qué poco hemos conseguido comparado con lo que pensamos que son las capacidades de los seres humanos. La gente del pasado, en la pesadilla de sus tiempos, tenía sueños para el futuro. Y ahora que el futuro se ha materializado vemos que estos sueños han sido superados en muchos aspectos, pero en otros, aún más numerosos, son los mismos que los sueños de la gente del pasado.

A continuación presento las consideraciones finales de los principales temas que a lo largo del presente trabajo sobresalen para entender lo que se ha hecho y lo que falta por hacer para que funcione el Triángulo IGE en América Latina.

I. Ciencia en el mundo

Vivimos en un mundo que depende cada vez más del dominio de la ciencia y la tecnología, la investigación científica y tecnológica produce una enorme masa de material, continuamente cambiante, que abre cada día nuevos campos y posibilidades al conocimiento, y que convierte rápidamente en anticuados los procedimientos técnicos más avanzados. La selección de los procesos de producción, más adecuados a las condiciones particulares de cada nación, sólo puede hacerse sobre la base de un conocimiento exhaustivo de las condiciones locales y, fundamentalmente, de una comprensión clara de los resultados, las tendencias y los posibles desarrollos futuros de la investigación científica y tecnológica. Se puede vincular el quehacer científico con la prevención de desastres naturales, el desarrollo del turismo, con mejorar el sistema de salud, entre otros aspectos. Por ejemplo, en México el brote de la epidemia de influenza por el virus AH1N1, nos mostró la vulnerabilidad del país como resultado del histórico abandono en el que los gobiernos han mantenido a la ciencia, el Estado debe reconocer y fortalecer realmente el apoyo a la ciencia, ya que la situación que se vivió es sólo un llamado de atención, por lo que la administración de Felipe Calderón está obligada a redefinir su política en materia de investigación científica, en la que se determine cuáles son las prioridades del país. También vimos que aunque tenemos investigadores notables en la materia, el canal de comunicación entre los académicos y el gobierno es aún débil. Otros señalamientos alarmantes son los que nos hace la ONU acerca de fortalecer los programas de seguridad industrial y protección al medio ambiente, ya que estima que México genera el tres por ciento de los gases de efecto invernadero a nivel mundial y nos clasifica como la fuente de contaminación más grande de América Latina.

II. Problemas actuales

El argumento relativo a los beneficios sociales de las investigaciones no considera el hecho de que la ciencia misma se ha convertido en una empresa económica importante. En la actualidad, los científicos forman un grupo de intereses que compite para obtener recursos con otros grupos y, en esa forma, pueden participar en un conflicto de clases. El compromiso de la

ciencia con el gobierno y ciertos intereses industriales, por una parte, y la participación de los científicos en los conflictos de intereses de clases, por otra, amenaza la creencia en la ciencia.

Otro de los problemas que se tiene que resolver es que el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación es inversamente proporcional al número de personas que se benefician de ello; por ende, es necesario crear una cultura científica para que se puedan entender los investigadores y los ciudadanos y asegurar una mejor difusión del conocimiento. Muchas veces el desconocimiento de los fenómenos y procesos científicos conduce a la gente a rechazar la innovación por miedo a eventuales riesgos.

III. América Latina

III.1. Inversión en I+D

Es menester aumentar la inversión en investigación y desarrollo respecto al PIB, ya que la debilidad en estos campos se relaciona con el bajo crecimiento de América Latina. La falta de dinero empuja a los investigadores a irse de la región, los mejores talentos se van al exterior y la mayoría se quedan allá, no hay un ambiente financiero estimulante para las nuevas tecnologías, las inversiones de empresas multinacionales disminuyen y son destinadas principalmente a países como China, Taiwán, Hong Kong y Singapur.

Por lo tanto es indispensable que las instituciones de gobierno latinoamericanas que participan en el diseño, ejecución y evaluación de la estrategia de desarrollo económico, determinen en qué sectores poseen ventajas competitivas para así realizar un análisis que revele las oportunidades de negocio. Para ello, deben hacer estudios sectoriales de competitividad y comercio internacional para poder diseñar nuevas estrategias de industrialización y hacer las inversiones en I+D más adecuadas para sus naciones. Tal y como lo hicieron los países en el este de Asia, una vez que se han determinado los sectores productivos en los que se desarrollarán actividades empresariales, deben diseñarse los instrumentos de política necesarios para crear entornos favorables y las condiciones para aprovechar las oportunidades de negocio.

Lamentablemente, en México la situación en relación al GIDE/PIB sigue siendo muy baja si se compara con el gasto que realizan otros países, el aumento de recursos para estas actividades es imprescindible para la modernización de los procesos productivos de nuestro

país. Resulta inconcebible que desde el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología 1978-1982 se proponía elevar el gasto hasta el 1% del PIB; que en el 2004 se adicionó un artículo a la Ley de Ciencia y Tecnología en el que se especificaba que el gasto nacional en ese rubro no podía ser menor a ese porcentaje, cambio que se introdujo con el fin de expresar el apoyo que el gobierno federal confiere a la ciencia y tecnología; y hoy 30 años después no exista un verdadero incremento al financiamiento de dichas actividades, ni porque está establecido en la ley. Mientras a las autoridades no les interese, mientras no tengan el nivel de consciencia sobre la importancia que tienen para el desarrollo de la sociedad la ciencia y la tecnología, vamos a seguir como hasta ahora, dejando sólo en el discurso que esos rubros son importantes pero sin aumentar los recursos que reciben.

Mientras las fuentes de financiamiento a proyectos de desarrollo científico, y sobre todo tecnológico, sean escasas y no se valore la importancia de la ciencia, tecnología e innovación para mejorar los niveles de vida y entrar a la competitividad, el impacto de estas actividades para el país seguirá siendo insuficiente. Coincido con Ruy Pérez Tamayo (2006) cuando señala que en México la ciencia se encuentra en un estado de subdesarrollo lamentable —por diversos factores señalados a lo largo del trabajo— a pesar de que se han logrado avances en lo referente a la institucionalización de la ciencia, creación de universidades e institutos de investigación, nombramientos de investigadores, un organismo oficial que apoya y fomenta la ciencia en el país como el Conacyt, etc. En México se hace ciencia del más alto nivel, pero no es suficiente debido a que el gobierno no ha otorgado recursos suficientes para apoyar los trabajos de investigación, así que respecto a otras naciones del primer mundo a nuestro país le falta mucho por hacer en este campo.

También es necesario profundizar el estudio para encontrar la vocación del Estado, sus fortalezas y debilidades. Algunos de los sectores con grandes capacidades estatales son el automotriz, químico y agroindustrial. Aunque en el caso del primero se ha perdido competitividad, ya que algunas armadoras y firmas del ramo han decidido establecerse en otras entidades. Asimismo es indispensable el otorgamiento de becas en ciertos rubros que son esenciales para el crecimiento económico del Estado.

Los altos riesgos que existen en los proyectos de investigación y desarrollo muchas veces disuaden a las empresas a invertir en esas actividades, por lo que se requiere de la intervención del gobierno por medio de subsidios y sistemas de incentivos que permitan aumentar la productividad y competitividad internacional de las empresas.

III.2. Políticas sobre CTI

Uno de los principales problemas de la CTI en el mundo que debe modificarse es que las decisiones políticas que se toman se basan en la ignorancia y no en el conocimiento. Los políticos no tienen preparación científica, por lo tanto adoptan decisiones sobre el futuro sin conocer la situación de la comunidad científica o el desarrollo alcanzado por la investigación a largo plazo. Las autoridades que se encargan de apoyar y difundir el conocimiento científico tienen que tener consciencia del valor que ésta posee, ya que la sociedad contemporánea depende del conocimiento. A los gobiernos les cuesta hacer una planeación de política científica y tecnológica ya que no comprenden que invertir en ese campo tendrá una rentabilidad a largo plazo. Tal y como lo vimos en el apartado de las revoluciones tecnológicas, los resultados de las investigaciones básicas que se inician actualmente llevarán, dentro de un cierto número de años, a una revolución tan profunda como la que representó en su momento la energía nuclear; sin embargo, hoy es imposible saber cuál de los innumerables temas de investigación básica fructificará a largo plazo, razón por la cual por desgracia es difícil convencer a los representantes políticos y a la propia sociedad de que es necesario apoyar esfuerzos con vistas a un futuro más o menos remoto.

Sin investigación no se pueden formar técnicos con sólidos conocimientos básicos y con experiencia en innovación. Y así hemos visto que, cuando un cierto tipo de industrias se van convirtiendo en obsoletas, ya sea por agotarse los recursos que las posibilitaban o porque otros países, debido a salarios más bajos, compiten en condiciones imbatibles, las naciones que disponen de esa masa de técnicos ilustrados salvan la situación colocándose a la cabeza en nuevas tecnologías. En nuestro país se presentan varios casos de obsolescencia industrial.

Por consiguiente es indispensable intentar condensar la opinión de diversos actores en la definición y el diseño de políticas, en las que la población tenga una participación más amplia y así crear consciencia e ir generando una cultura cívica. Tenemos como ejemplo las medidas que han implementado otros lugares mediante conferencias para lograr consensos entre diversos actores, talleres, jurados ciudadanos, todo aquello que permite la participación del público en la elaboración de propuestas para la agenda política y en la comprensión de los significados sociales de la ciencia.

En México, si bien se han implementado diversas medidas en la política para ciencia y tecnología, tendientes a lograr financiamiento, fortalecimiento de la infraestructura y un

ambiente regulatorio, su acción no ha sido duradera ni se han planteado siguiendo una estrategia nacional consistente ni transexenal; no es sino hasta el PECyT 2001-2006 que se establece una visión de largo alcance —que incluye 4 sexenios—, sin embargo este tipo de horizontes son inciertos debido a los cambios en la administración pública federal y más cuando no se dispone de la fortaleza institucional para trabajar en una política de Estado. Asimismo, la situación científica y tecnológica durante ese periodo no cambió mucho y no se logró cumplir la meta establecida en la primera etapa del PECyT, por lo tanto, la segunda —que abarca de 2007 a 2012— no parte de las condiciones planeadas, así que difícilmente se podrá dar continuidad al programa.

De 2000 a 2008, el GFCyT se ha movido con altibajos, por lo que el panorama no es muy diferente. Además, seguimos enfrentando el problema de que la evaluación de los programas de ciencia y tecnología la realizan los gobiernos entrantes y no existe ningún tipo de sanción para aquellos que salieron y no cumplieron con las metas, por lo que es menester implementar una evaluación constante del desempeño y la medición de los resultados alcanzados.

En nuestro país el que las decisiones respecto a temas de ciencia y tecnología recaigan en personas que sólo tienen una visión utilitaria del conocimiento científico ha sido un obstáculo para el desarrollo científico y tecnológico. La mayoría de los cambios que la ciencia experimentó a partir de la segunda mitad del siglo XX se han dado gracias a la iniciativa de la propia comunidad científica y no por idea o promoción del gobierno; tan es así que en el desarrollo de la ciencia nacional ha sido decisivo el papel que han jugado los científicos, que son los que tienen consciencia de que toda la ciencia, incluyendo la básica, es aplicada y genera conocimiento, el cual genera más conocimiento.

En los últimos años diversas instituciones preocupadas por el tema, como: la UNAM, la UAM; el IPN, la Academia Mexicana de las Ciencias, el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico, la Adiat, entre otras, han organizado seminarios, congresos, la semana de la ciencia, etc., en donde se busca que dentro de los participantes estén representados cada uno de los actores del Triángulo de Sábado, es decir, el gobierno, la estructura productiva y las instituciones académicas de México; además se invita a especialistas de diversas naciones para que puedan compartir su experiencia y aconsejar sobre lo que es viable en nuestro país. Debemos reconocer los esfuerzos que se están haciendo, pero considero que además de organizarlos, sería muy útil que a partir de cada uno

de esos encuentros, se establezca una agenda de los aspectos que se tienen que trabajar para el siguiente año y conforme a eso planear el presupuesto que se requiere y en donde los tres actores se comprometan y responsabilicen de que en ese período habrá un avance, para que esos grandes esfuerzos no sólo se queden en memorias archivadas.

El componente regional en la formulación y aplicación de las políticas en ciencia y tecnología es muy importante para los países que —como México— tienen dispersas y mal repartidas sus capacidades científicas y tecnológicas; las cuales deberían orientarse a la solución de los problemas económicos y sociales de las localidades más apartadas, ya que persiste una alta concentración de estas actividades en el centro del país y principalmente, en el Distrito Federal.

III.3. Educación

En las naciones avanzadas y en los países del este asiático el resultado de los recursos económicos que se invierten en la educación de los jóvenes —desde los niveles básicos de escolaridad hasta la educación superior y de posgrado— es una población más calificada que hace que estén provistos de la competitividad necesaria para abordar aspectos relacionados con sus prioridades nacionales y, de esta forma, las actividades están en sintonía con una sociedad competitiva que basa sus ventajas en el valor agregado que otorgan los conocimientos que dominan. En América Latina sucede lo contrario, la educación sigue siendo una de las principales preocupaciones, es evidente la enorme necesidad de aumentar nuestros cuadros técnicos en todos los campos, desde el administrativo más simple hasta el científico más sofisticado. Se requiere un mayor número de personas con educación avanzada a las que se les facilite la adquisición de conocimientos y que posean las habilidades y la creatividad suficiente para integrarse a la actividad productiva. La ausencia de cuadros de científicos e ingenieros preparados y capaces de generar, adaptar y difundir conocimientos nos coloca en desventaja, provocando un estancamiento económico e intelectual. En México aún no se ha conseguido articular las cadenas de valor del conocimiento, que empiezan por la educación, fomentan la ciencia y tecnología para innovar y que culminan con la generación de riqueza y empleos bien remunerados.

La prioridad de los países latinoamericanos debe ser la educación vista como la punta de lanza para el desarrollo; no obstante, muchos gobiernos la han confinado a uno de los últimos intereses y en general la situación de los maestros es una tragedia, a quienes sus bajos sueldos no les alcanzan para cubrir sus necesidades básicas y tampoco cuentan con las condiciones necesarias para impartir los cursos ni con el material o la infraestructura necesaria.

América Latina aún tiene varios retos pendientes que enfrentar que son claves para el desarrollo científico y tecnológico en el siglo XXI, como aumentar las capacidades endógenas para la formación de investigadores, ya que el reducido número de doctores entre las comunidades académicas limita la existencia de programas de doctorado en varios países y, en consecuencia, la formación de investigadores en el propio país, y los pocos investigadores que existen se concentran en las universidades e institutos públicos de investigación siendo una minoría los que trabajan en las empresas, asimetría que dificulta la cooperación y la formulación de demandas desde los sectores productivos.

Finalmente se percibe un amplio consenso en torno a la necesidad de una reforma profunda del sistema de investigación científica y de educación superior, que comprometa tanto a las instituciones gubernamentales, de los tres niveles de gobierno, como a diferentes actores de la sociedad. Cabe a los científicos, pertenecientes a las diferentes disciplinas y áreas del conocimiento, contribuir, partiendo de una evaluación crítica y constructiva del quehacer profesional, para que mediante esa reforma los países de la región se integren al ámbito internacional en condiciones que permitan resguardar su autonomía y asegurar el bienestar social del conjunto de la ciudadanía.

III.4. Empresas

Los países desarrollados utilizan el conocimiento como herramienta de innovación para generar nuevos productos, provenientes tanto de centros de investigación públicos como privados, o bien, de las propias acciones en temas de innovación de las empresas, en las que un elemento clave son los recursos humanos altamente especializados. Es así que las instituciones necesarias para producir cambios en la tecnología son las propias empresas industriales, ya que se encuentran en el centro de la estructura organizacional para el cambio tecnológico y uno de los elementos de mayor importancia para la capacidad tecnológica es el establecimiento de

sólidos vínculos entre éstas; es decir, la conformación de redes. En ese sentido parte de la capacidad de crear capital humano debería organizarse dentro de las empresas industriales y no dejar todo en manos de las instituciones de educación y capacitación.

No obstante lo que ocurre en los países de América Latina es que la mayoría de las empresas están más orientadas a la distribución, así mientras carezcan de la visión y los fomentos necesarios para colocar en los mercados internacionales productos propios y de valor agregado, perdurará la demanda y aplicación de conocimiento que hay en universidades y centros de investigación de cada nación. Por lo tanto, es necesario hacer que los empresarios dimensionen lo redituable que es invertir en ciencia, tecnología e innovación y esto es una cuestión de orden educativo.

En México es necesario modificar todo el proceso productivo del país, tener claro que al vender únicamente materia prima damos la oportunidad a que quien le agregue valor obtenga mejores ventajas económicas. Como ya hemos visto, la economía mexicana se encuentra inmersa en un círculo, la dependencia que tiene de las importaciones ocasiona altos egresos de divisas lo cual conduce a crecientes déficits de balanza comercial, los cuales se cubren principalmente con préstamos del exterior, por lo que nuestra economía no dispone de la capacidad financiera para invertir en aquellos sectores estratégicos que le permitan aumentar su participación en las corrientes más dinámicas del comercio internacional de bienes de mayor valor agregado y, por esa vía, generar los ingresos necesarios para modernizar la infraestructura industrial, aumentar la productividad y mejorar su competitividad a nivel internacional. De igual forma los bajos niveles de inversión en otros sectores estratégicos reducen la capacidad de generación de empleos de buena calidad, lo que impide aumentar el ingreso de los trabajadores y, en consecuencia, su capacidad de ahorro y demanda; todos estos factores impiden la creación de un círculo de inversión, empleo, ahorro, consumo y crecimiento. Es así que vemos que en nuestro país, la estrategia orientada por las exportaciones no está soportada en el aprovechamiento de las capacidades internas de educación, investigación y desarrollo, ya que contamos con un pequeño número de empresas exportadoras, y aunque la mayoría están controladas por firmas extranjeras altamente calificadas, solamente algunas realizan actividades modestas de I+D, ya que el modelo dominante es la adquisición de tecnologías del exterior, por resultar de procesos más sencillos de incorporación de innovaciones, pero que reducen la posibilidad de articulación institucional para el refuerzo de sistemas de innovación. Y esta situación empeora cuando las empresas no solamente recurren a la adquisición de estas

tecnologías, sino que prefieren el suministro de partes e insumos del exterior, quebrando las cadenas de agregación de valor y el incentivo para las empresas locales.

Por otro lado una mayor articulación de los sectores exportadores más dinámicos con el aparato industrial interno podría constituir el eje de una estrategia de crecimiento que contribuyera a impulsar la generación de empleos y permitiera difundir tecnologías y mejores prácticas empresariales. En otros países, parte de los ingresos de las exportaciones de las empresas se destinan para la modernización industrial y formación de recursos humanos; por lo tanto, en México se deben instrumentar mecanismos para que la demanda de tecnología de las empresas se satisfaga con las capacidades internas de I+D. Es precisamente por una falta de empresarios interesados en invertir en investigación científica y tecnológica por lo que la industria mexicana sólo ha contribuido de forma anecdótica a la innovación tecnológica; por ello, el gobierno debe trabajar más para lograr que las empresas tengan mayor participación en esas actividades, sin que esto signifique privilegiar al sector empresarial, ya que sí se debe apoyar pero no a costa de disminuir la inversión de la ciencia básica. La discusión en torno a la prioridad que deben tener los recursos destinados a la ciencia aplicada sobre la básica es un tema recurrente en las naciones en desarrollo, pero como muchos autores lo plantean coincido en que ambas son indispensables, los cambios tecnológicos no aparecen por generación espontánea, para llegar a crear novedades en ciencia aplicada es necesaria una motivación; y la ciencia básica proporciona dicha motivación. Sabemos que toda investigación tiene una justificación y que sus resultados tendrán rentabilidad a largo plazo. Así que la investigación científica y técnica, lejos de ser únicamente una inversión para este futuro remoto, es de hecho una necesidad urgente si queremos que nuestro país salga de la retaguardia del mundo.

Tampoco funciona el imponerles más impuestos a las empresas, ya que lejos de fomentar a que inviertan en investigación los desestimula, aquí también nos sirve como experiencia la de los países del este de Asia, en donde los gobiernos para lograr que los empresarios invirtieran más en este rubro puso en práctica un plan de premio/castigo, que tuvo buenos resultados. En México los mecanismos que se han puesto en operación para lograr este cometido han sido insuficientes, los empresarios reiteradamente señalan que los instrumentos de política que necesitan son los relacionados con el financiamiento de las actividades de ciencia y tecnología por medio de diversas modalidades: estímulos fiscales, uso del poder de compra del Estado, crédito en condiciones preferenciales, capital de riesgo

compartido, etc. Así que mientras no se activen estos mecanismos sólo algunas empresas tendrán actividades de ciencia, tecnología e innovación.

Esto no significa que en nuestro país no existan empresas que destaquen a nivel internacional, pero son las capacidades productivas y tecnológicas del país, asociadas a la existencia de un mercado interno fuerte, lo que determina la competencia de una industria. Para hacer que nuestras empresas sean competitivas tenemos que empezar por no seguir permitiendo que las compañías de Estados Unidos se instalen en México porque el costo de producción es más bajo, lo que les permite pagar salarios ínfimos, ofrecer condiciones laborales deplorables y jornadas excesivas; condiciones en las que los mismos ciudadanos estadounidenses no están dispuestos a trabajar.

Tampoco podemos seguir dependiendo tanto de dicha nación, por lo que es menester fortalecer nuestro mercado interno, hoy México es de los países latinoamericanos más afectados y que más tardará en recuperarse de la crisis, ya que el modelo económico seguido en las últimas décadas no ha funcionado y que la gran dependencia que tenemos con los Estados Unidos no ha sido redituable.

Actualmente el reto de las empresas para enfrentarse a la crisis económica será producir, con los mismos o menores recursos de años anteriores, mayor cantidad de bienes. Se trata de un principio de productividad que determinará la capacidad de las empresas de sobrevivir y demostrar su competitividad. Un reto en el que la tecnología y la innovación se convierten en habilitadores importantes de modernización en tiempos de turbulencia.

III.5. Universidades y empresas

A pesar de los esfuerzos realizados el problema fundamental en América Latina, respecto a las políticas de ciencia y tecnología, es que aún son muy débiles los lazos entre las estructuras de generación y transmisión de conocimientos, el crecimiento económico y el bienestar social. Aunque ha habido avances todavía no es suficiente el vínculo universidad-empresa para que los sistemas productivos público y privado puedan absorber los recursos humanos con los que cuenta. Por ello es indispensable vincular las políticas públicas con las políticas en ciencia tecnología e innovación una vez que se hayan establecido sectores estratégicos y vinculado

esfuerzos para resolver diferentes problemáticas del desarrollo productivo, la educación, salud, seguridad, competitividad, etcétera.

En la experiencia de los países del este de Asia es destacable que a lo largo de los últimos treinta años son claras las correlaciones que existen entre el tipo de exportación y el nivel de innovación tecnológica, las cuales se asocian a su vez, con mayores niveles educativos y notorios incrementos salariales.

Por lo tanto, en América Latina se tiene que lograr una sólida vinculación adaptada a la realidad social, entre las universidades e institutos de investigación con las empresas. Una sociedad del conocimiento debe de encontrar los mecanismos para aumentar la escolaridad de la población y en especial aquella destinada a la investigación, y esta última repercutir en la creación de nuevos productos cuya manufactura genere empleos mejor remunerados. Lamentablemente este paso no lo hemos podido cristalizar. Una vez que se eleve el nivel del sistema educativo, las empresas que requieren conocimiento ofrecerán puestos de trabajo a gente joven y talentosa que podrá elegir quedarse en su lugar de origen y así otros sectores y compañías también tendrán que modernizarse, para lo cual necesitarán personal calificado y, de esta forma, se vinculan la educación, empresa, empleo, productividad y competitividad.

En México, una vía para detonar la innovación es que el gobierno sea un comprador de las tecnologías desarrolladas por empresarios mexicanos, ya que a nivel federal no se utiliza el gran poder de compra de éstos para fomentar la vinculación empresa-academia. Este esquema brindaría seguridad y fomentaría más inversiones empresariales. Otro problema es que en el sector industrial existe cierta competencia desleal y se favorece la contratación de personal extranjero, así que los gobiernos estatales deben y pueden revertir esa situación. El papel de las universidades es generar nuevos conocimientos útiles en proyectos productivos, pero a los empresarios les toca invertir en ellos. En tanto no se pongan de acuerdo las instituciones de ciencia y tecnología, las de educación, además del sector productivo, será imposible resolver los retos que enfrentamos. Al respecto, existe una iniciativa de la Adiat, la cual busca crear centros de articulación tecnológica, en donde se genere la vinculación entre los industriales y los centros de investigación, por medio de intermediarios que traduzcan los idiomas que habla cada sector.

III.6. Recursos humanos

La fuga de cerebros se presenta como una constante en la región y es uno de los principales problemas; inicialmente estimulada por la demanda de los países desarrollados, en un segundo momento surge como consecuencia de los regímenes autoritarios y actualmente se presenta por la creciente intensificación de la movilidad internacional como consecuencia de los procesos de globalización.

En México uno de los retos se plantea a raíz del crecimiento demográfico, ya que el país debe volver a crecer en forma sostenida para elevar el nivel de vida de su población e incorporar a la actividad productiva a los jóvenes en edad de trabajar, quienes aumentan significativamente. Asimismo, se observa un envejecimiento de la planta de investigadores y la falta de mecanismos para el ingreso de nuevos investigadores. Los recursos humanos deben ser formados y empleados ventajosamente para no aumentar la fuga de cerebros. Y justamente vemos que con los diferentes programas de ciencia y tecnología no se ha logrado avanzar mucho para incorporar a este sector y para propiciar la equidad de género.

El llamado Sistema Nacional de Innovación dispone de una comunidad científica pequeña —pero con un reconocido grado de excelencia en algunos campos— orientada a investigaciones de orden básico y escasamente incentivada para llevar adelante proyectos que resuelvan problemas nacionales. Otra de sus características es una planta de investigadores de bajo crecimiento y un envejecimiento de la misma, situación que inhibe las oportunidades para el arribo de nuevas generaciones de científicos y tecnólogos. Como ya se planteó, es necesario atraer a los jóvenes recién graduados e incrementar la comunidad de investigadores, que son dos de los elementos clave para detonar las actividades del conocimiento, y que además de desarrollar tecnología son indispensables para resolver los grandes problemas nacionales. Existe también una necesidad de revertir la tendencia de estudiantes que prefieren carreras referentes a las ciencias sociales y humanidades en lugar de las naturales y exactas, así como de aumentar el número de investigadores en el país, ya que se calcula que de 100 alumnos que ingresan a la primaria sólo 12 concluyen sus estudios profesionales.

A pesar de que las mujeres en América Latina han ampliado su participación en la educación superior, sigue presente la situación de desequilibrio de género en la composición de la comunidad científica, reflejo del mal uso del capital humano, y aunque constituyen la mitad de la población se observa una escasa presencia de la mujer en CyT, lo que nos indica de que así

difícilmente alcanzaremos los objetivos de equidad y bienestar social que nuestras sociedades requieren.

III.7. Cooperación entre países

Finalmente, es fundamental fortalecer y ampliar las relaciones científicas y tecnológicas de México, con otras naciones, para incrementar sustantivamente el desarrollo de proyectos conjuntos, dado el nivel alcanzado en ciertos campos del conocimiento. En los sectores más rezagados el apoyo en dicha cooperación internacional permitiría incrementar nuestra capacidad.

Por último, es necesario hacer un balance de los resultados que han tenido los diferentes acuerdos o tratados que México ha celebrado con otros países, con los que se busca mejorar algunas áreas relacionadas con la ciencia y la tecnología, partiendo de ahí, y una vez que se tienen establecidas las áreas estratégicas de la nación, identificar los puntos más débiles para establecer nuevos acuerdos que impulsen y fortalezcan el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación; y por ende, del país.

Bibliografía

General

- ALBORNOZ, Mario. 1996. «La ciencia política ignora la política de la ciencia» en Albornoz, M., *et ál.* (eds.). *Ciencia y sociedad en América Latina*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- _____. 1997. «La política científica y tecnológica en América Latina frente al desafío del pensamiento único». *Redes*, núm. 10. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- ALBORNOZ, Mario y FERNÁNDEZ POLCUCH, Ernesto. 1996. «Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos e Interamericanos». *Redes*, núm. 7. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- AVERCH, Harvey. 1985. *A Strategic Analysis of Science and Technology Policy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- BELL, Daniel. 1994. *El advenimiento de la sociedad post-industrial*. Madrid: Alianza Editorial.
- BELL, Martín. 1995. «Enfoques sobre política de ciencia y tecnología en los años 90: viejos modelos y nuevas experiencias». *Redes*, núm. 5. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- BEN-DAVID, Joseph. 1974. *El papel de los científicos en la sociedad*. México: Trillas.
- BLAZQUEZ GRAF, Norma. 2008. *El retorno de las brujas. Incorporación, aportaciones y críticas de las mujeres a la ciencia*. México: Ceich (UNAM).
- _____. (en prensa). «Ciencia y tecnología en América Latina desde la perspectiva de género». *Geopolítica, Ciencia y Multiculturalismo en América Latina*. México: Posgrado en Estudios Latinoamericanos (UNAM).
- _____. (en prensa). «La política de ciencia y tecnología en México desde la perspectiva de género». II Ciclo Mujer y Ciencia. Memoria de la mesa *La visión de las científicas sobre la propuesta: Hacia una política de Estado en ciencia, tecnología e innovación en México*, marzo 2, 2007. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Grupo Mujer Ciencia, Colegio de Académicas Universitarias (UNAM).

- BLAZQUEZ GRAF, Norma y FLORES, Javier. 2005. «Género y ciencia en América Latina. El caso de México» en Blazquez Graf, Norma y Flores, Javier (eds.). *Ciencia, tecnología y género en Iberoamérica*. México: Ceiih (UNAM), Unifem, Plaza y Valdés.
- BLUME, Stuart. 1985. «The Development of Dutch Science Policy in International Perspective, 1965-1985». *Report to the Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid*, Study No. 14. Holanda: RAWB.
- BONDER, Gloria. 2004. *Equidad de género en ciencia y tecnología en América Latina: Bases y proyecciones en la construcción de conocimientos, agendas e institucionalidades*. Washington, D.C.: Oficina de Ciencia y Tecnología (OEA), Comisión Interamericana de la Mujer (ONU).
- BRAVO AHUJA, Víctor y CARRANZA, José Antonio. 1976. «La obra educativa». *Sep/Setentas* núm. 301. México: SEP.
- BUSH, Vannevar. 1999. «Ciencia, la frontera sin fin». *Redes*, núm. 14. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- CAPDEVIELLE, Mario, *et ál.* 2000. «Sistema de innovación: el caso mexicano». *Proyecto Interdivisional Cepal/GTZ FRG/98/S24*. Santiago de Chile: Cepal.
- CARDOSO, F. H. y FALETTO, E. 1969. *Dependencia y desarrollo en América Latina*. México: Siglo XXI Editores.
- CARDOZA, G. Higher. 1997 a). *Education, Scientific Research and Sustainable Development in Latin America. Elements for a New Education in Latin America. The Challenges of the Market and Institutional Reforms*. Cambridge: Harvard University.
- _____. 1997 b). «Learning, innovation and growth: a comparative policy approach to East Asia and Latin America». *Science and Publish Policy*, Vol. 24, No. 6. Inglaterra: Beech Tree Publishing.
- _____. 1999. «Learning and Innovation Paths in East Asia». *Science and Publish Policy*, Vol. 26, No. 4. Inglaterra: Beech Tree Publishing.
- CARDOZA, G. y VILLEGAS, R. 1998. «Migraciones científicas, redes de cooperación y desarrollo en América Latina y el Caribe» en Charum, J. y Meyer, J. B. (eds.). *El nuevo nomadismo científico. La perspectiva latinoamericana*. Bogotá: ESAP.
- CASAR, J. 1993. «Competitividad, crecimiento y equidad» en Micheli, Jordy (comp.). *Tecnología y modernización económica*. México: UAM-X, Conacyt.
- CASALET, Mónica. 1999. «Redes de innovación en la construcción del mercado en México». *Biblioteca de la micro, pequeña y mediana empresa*, núm. 11. México: Nacional Financiera.

- _____. 2000. «The Institutional Matrix and its Main Functional Activities Supporting Innovation» en Cimoli, M. (ed.). *Developing Innovation Systems: Mexico in a Global Context*. Londres: Continuum.
- CASAS, Rosalba. 1985. «El Estado y la política de la ciencia en México». *Cuadernos de Investigación Social*, núm. 11. México: Instituto de Investigaciones Sociales (UNAM).
- _____. 1994. «La modernización de la ciencia y la tecnología y la política biotecnológica en México» en Mayer, Leticia y Varela, Roberto (comps.). *Los grandes problemas de la ciencia y la tecnología*. México: UNAM, UAM.
- CASAS, Rosalba y PONCE, Carlos. 1986. «Institucionalización de la política gubernamental de ciencia y tecnología: 1970-1976». *Taller de Investigación*, núm. 1, México: Instituto de Investigaciones Sociales (UNAM).
- CASTELLS, Manuel. 1999 a). *Information Technology, Globalization and Social Development*. Ginebra: UNRISD.
- _____. 1999 b). *The Information Age: Economy, Society and Culture*. U.K.: Blackwell Publishers.
- CUETO, Marcos. 1989. *Excelencia científica en la periferia*. Lima: Grade-Concytec.
- DAGNINO, R., et ál. 1996. «El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria». *Redes*, núm. 7. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- _____, et ál. 1998. «Elementos para un «estado del arte» de los estudios en ciencia, tecnología y sociedad en América Latina». *Redes*, núm. 11. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- DAGNINO, Renato y THOMAS, Hernán. 1999. «La política científica y tecnológica en América Latina: nuevos escenarios y el papel de la comunidad de investigación». *Redes*, núm. 13. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- DALUM, B., et ál. 1992. «Public Policy in the Learning Society» en Lundvall, Bengt-Ake (ed.). *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter Publishers.
- DE GORTARI, E. 1963. *La ciencia en la Historia de México*. México: FCE.
- DE MARÍA Y CAMPOS, Mauricio. 1987. «Mexico's New Industrial Development Strategy» en Cathryn L. Thorup, et ál. *The United States and México: Face to Face with New Technology*. New Brunswick: Transaction Books.
- DOS SANTOS, Theotonio. 1978. *Imperialismo y dependencia*. México: Ediciones Era.

- EDQUIST, Charles. 1997. *Systems of Innovation Technologies, Institutions, and Organizations*. Londres: Washington Pinter.
- ELZINGA, Aant y JAMISON, Andrew. 1996. «El cambio de las agendas políticas en ciencia y tecnología». *Zona Abierta*, núms.75-76. Madrid: Fundación Pablo Iglesias.
- ETZKOWITZ, Henry. 1994. «Academic-Industry Relations: a Sociological Paradigm for Economic Development» en Leydesdorff, Loet y Van den Besselaar, Peter. *Evolutionary Economics and Chaos Theory. New Directions in Technology Studies*. Londres: Pinter Publications.
- FELDMAN, Maryann P., et ál. 2002. *The Economics of Science and Technology: An Overview of Initiatives to Foster Innovation, Entrepreneurship, and Economic Growth*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- FERNÁNDEZ, Diego O. y BRADMAN, Salomón. 1984. «La vinculación de la actividad científica y tecnológica con el desarrollo económico-social: posibles vías y métodos en los países en vías de desarrollo» en Herrera, Amílcar O., et ál. *Revista Latinoamericana de Economía*, vol. XV, núm. 57. México: Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM).
- FEYNMAN, Richard P. 2000. *El placer de descubrir*. Barcelona: Editorial Crítica.
- FREEMAN, Ch. y LUNDVALL, B. A. 1988. *Small Countries Facing Technological Revolution*. Londres: Pinter Publications.
- FUENZALIDA, E. 1987. «La reorganización de las instituciones de enseñanza superior e investigación en América Latina». *Estudios Sociales*, núm. 52, trimestre 2. Santiago de Chile: CPU.
- FURMAN, Jeffrey L., et ál. 2002. «The Determinants of National Innovative Capacity». *Research Policy*, Vol. 31. Amsterdam: Elsevier.
- FURTADO, C. 1966. «Desarrollo y estancamiento en América Latina: un enfoque estructuralista». *América Latina: ensayos de interpretación económica*. Colección Tiempo Latinoamericano. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- GALARZA, E. 2004. «La producción y el uso de conocimientos de las ciencias sociales en el campo de la pobreza: un debate en torno a la epistemología del sujeto conocido». *Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología*, marzo. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- GARCÍA GUADILLA, C. 1996. *Situación y principales dinámicas de transformación de la educación superior en América Latina*. Caracas: CRESALC-UNESCO.

- GEROSKI, Paul. 1995. «Markets for Technology: Knowledge, Innovation and Appropriability» en Stoneman, Paul (ed.). *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Blackwell Publishers.
- GIACOMÁN, E. M. 1988. *Las exportaciones como factor de arrastre del desarrollo industrial. La experiencia del sudeste de Asia y sus enseñanzas para México*. México: Comercio Exterior.
- GIBBONS, M., et ál. 1996. *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Londres: Sage Publications.
- GROSSMAN, Gene M. y HELPMAN, Elhanan. 1991. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: The MIT Press.
- HALTY-CARRÉRE, Máximo. 1986. *Estrategias de desarrollo tecnológico para países en desarrollo*. México: El Colegio de México.
- HILL, D. T. y SPENCE, H. 1996. «South-East Asia and the Pacific Rim». *World Science Report*. Paris: UNESCO.
- HERNÁNDEZ CORZO, Rodolfo. 1987. «Ciencia y tecnología para la reconversión industrial». *Conacyt ante la reconversión industrial*. México: Conacyt.
- HERRERA, Amílcar O. 1970. «Notas sobre la ciencia y la tecnología en el desarrollo de la sociedad latinoamericana». *América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*. Colección Tiempo Latinoamericano. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- _____. 1972. *Ciencia y política en América Latina*. México: Siglo XXI Editores.
- _____. 1975. «Los determinantes sociales de la política científica en América Latina» en Sábato, Jorge (comp.). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires: Paidós.
- _____. 1995. «Los determinantes sociales de la política científica y tecnológica en América Latina». *Redes*, núm. 5. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- HOUSSAY, Bernardo A. 1989. *Escritos y discursos* en Barrios Medina, Ariel y Paladini, Alejandro C. (comps.). Buenos Aires: Eudeba.
- JOHNSON, C. 1987. «Political Institutions and Economic Performance: the Government-Business Relationship in Japan, South Korea and Taiwan» en Deyo, F. (ed.). *The Political Economy of the New Asian Industrialism*. Londres: Cornell University Press.
- KAPLAN, Marcos. 1965. *Países en desarrollo y empresas públicas*. Buenos Aires: Ediciones Macchi.
- KIM, L. 1997. «The Dynamics of Samsungs Technological Learning in Semiconductors». *California Management Review*, Spring. Berkeley: University of California.

- KONDRATIEV, Nicolai. 1979. «The Long Waves in Economic Life». *Review of Economic Statistics*, Vol. 2, No.4, Spring. Harvard: Kennedy School of Government.
- KRUGMAN, Paul. 1997. *El internacionalismo moderno. La economía internacional y las mentiras de la competitividad*. Barcelona: Crítica, Grijalbo-Mondadori.
- KUHN, Thomas S. 1992. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.
- KUZNETS, P. 1998. «An East Asian Model of Economic Development: Japan, Taiwan and South Korea». *Economic Development and Cultural Change*. Chicago: University of Chicago Press.
- LANDES, D. S. 1979. *Progreso tecnológico y Revolución industrial*. Madrid: Editorial Tecnos.
- LEFF, Enrique. 1985 «Tecnología, cultura, recursos humanos: hacia una perspectiva no economicista del desarrollo» en varios autores. *México ante la crisis*, vol. 2. México: Siglo XXI Editores.
- LOPES LEITE, José. 1970. «La ciencia, el desarrollo económico y el tercer mundo». *América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*. Colección Tiempo Latinoamericano. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- LOSEE, John. 2000. *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Universidad.
- LUSTIG, Nora, et ál. 1989. «La evaluación del gasto en ciencia y tecnología». *Estudios*, núm. 1. México: Academia de la Investigación Científica.
- MERTON, Robert K. 1985. *La sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- NOBLE, David. 1977. *America by design*. Nueva York: Oxford University Press.
- OSZLAK, Oscar y O' DONNELL, Guillermo. 1995. «Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación». *Redes*, núm. 4. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- PAREDES LÓPEZ, Octavio. 2006. *Por un nuevo paradigma de política pública para el conocimiento y la innovación en México*. México: Academia Mexicana de Ciencias.
- PÉREZ, Carlota. 2004. *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI Editores.
- PÉREZ, Carlota y SOETE, L. 1988. «Catching Up in Technology: Entry Barriers and Windows of Opportunity» en Dosi, Giovanni, et ál. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Pub.
- PÉREZ TAMAYO, Ruy. 1991. *Ciencia, paciencia y conciencia*. México: Siglo XXI Editores.
- _____. 2006. *Historia general de la ciencia en México en el siglo XX*. México: FCE.

- POPPER, Karl. 1977. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Editorial Tecnos.
- RAMOS, J. 1993. «Crecimiento, crisis y viraje estratégico». *Revista de la Cepal*, núm. 50. Santiago de Chile: Cepal.
- RODRÍGUEZ, R. 2000. «Educación superior y desarrollo en América Latina. Un ensayo de interpretación» en Balán, Jorge (coord.). *Políticas de reforma de la educación superior y la universidad latinoamericana hacia el final del milenio*. México: UNAM, Centro de Estudios de Estado y Sociedad.
- ROSENBERG, N. 1979. *Tecnología y economía*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- ROTHWELL, R. 1986. «The Role of Small Firms in the Emergence of New Technologies» en Freeman, Ch. (ed.). *Design, Innovation and Long Cycles in Economic Development*. Londres: Pinter Pub.
- ROTHWELL, R. y ZEGVELD, W. 1981. *Industrial Innovation and Public Policy*. Londres: Frances Pinter.
- SÁBATO, Jorge. 1975. *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires: Paidós.
- SAGASTI, Francisco R. 1983. *La política científica y tecnológica en América Latina: un estudio del enfoque de sistemas*. México: El Colegio de México.
- SALDAÑA, Juan José y MEDINA PEÑA, Luis. 1988. «La ciencia en México 1983-1988». *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 12, diciembre. México: Bancomext.
- SALDAÑA, Juan José y AZUELA, Luz Fernanda. 1996. «De amateurs a profesionales. Las sociedades científicas en México en el siglo XIX». *Quipu. Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, vol. 11, núm. 2, mayo-agosto. México: Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología.
- SALOMON, Jean Jacques. 1974. *Ciencia y política*. México: Siglo XXI Editores.
- SANCHO LOZANO, Rosa. 2002. «Indicadores de los Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación». *Economía Industrial*, núm. 343. España: Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- SEBASTIÁN, Jesús (ed.). 2007. *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*. España: Fundación Carolina, Siglo XXI Editores.
- SOLLA PRICE, Derek. 1973. *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel.
- SCHUMPETER, Joseph A. 1971. *Capitalismo, socialismo y democracia*. Madrid: Aguilar.
- SUNKEL, Osvaldo. 1967. *El marco histórico del proceso de desarrollo y subdesarrollo*. Santiago de Chile: Ilpes (Cepal).

- _____. 1995. «El desarrollo desde dentro: un enfoque neoestructuralista para la América Latina». *El Trimestre Económico*. México: FCE.
- SUTZ, J. 1986. «La industria electrónica profesional uruguaya. Raíces y perspectivas». *Cuadernos de Ciesu*, núm. 52. Montevideo: Ciesu.
- _____. 1995. «Los cambios tecnológicos y sus impactos. El largo camino hacia la construcción solidaria de oportunidades» en Vessuri, Hebe (coord.). *Ciencia y tecnología y sociedad en América Latina*. Caracas: Nueva Sociedad.
- _____. (coord.). 1997. *Innovación y desarrollo en América Latina*. Caracas: Clacso, Agencia Española de Cooperación Internacional, Nueva Sociedad.
- TAVARES, M. C. 1964. «El proceso de sustitución de importaciones como modelo de desarrollo reciente en América Latina». *América Latina: ensayos de interpretación económica*. Colección Tiempo Latinoamericano. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- THORPE, Charles y SHAPIN, Steven. 2000. «Who Was J. Robert Oppenheimer?». *Social Studies of Science*, Vol. 30. No. 4. Edimburgo: Sage Publications.
- UGARTECHE, Oscar. 1997. *El falso dilema. América Latina en la economía global*. Perú: Fundación Friedrich Ebert Stiftung.
- URQUIDI, Víctor. 1970. «Fomento de la ciencia y desarrollo económico de América Latina». *América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*. Colección Tiempo Latinoamericano. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- URQUIDI, Víctor y LAJOUS, Adrián. 1969. *Educación superior, ciencia y tecnología en el desarrollo económico de México*. México: El Colegio de México.
- VACCAREZZA, Leonardo. 1998. «Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina». *Revista Iberoamericana de Educación*, núm.18. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos.
- VARSAVSKY, Oscar. 1969. *Ciencia, política y cientificismo*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- _____. 1971. *Proyectos nacionales. Planteos y estudios de viabilidad*. Buenos Aires: Ediciones Periferia.
- VILLAREAL, R. 1988. *Industrialización, deuda y desequilibrio externo en México. Un enfoque neoestructuralista (1929-1988)*. México: FCE.
- WEINBERG, Gregorio. 1998. *La ciencia y la idea de progreso en América Latina, 1860-1930*. Buenos Aires: FCE.

WIONZCEK, M. 1980. «¿Es viable una política de ciencia y tecnología para México?». *Foro Internacional*, vol. XXI, núm. 81, julio-septiembre. México: El Colegio de México.

Documentos y bases de datos

CABRERO MENDOZA, Enrique, *et ál.* (coords.). 2006. *El diseño institucional de la Política de Ciencia y Tecnología en México*. México: CIDE, UNAM.

PÉREZ, Carlota. 2008. *Interpretar el mundo de hoy. Oportunidades cambiantes en un mundo globalizado*. Conferencia, agosto 28, México: Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM).

Conacyt. 1978. *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología 1978-1982*. México: Conacyt.

_____. 2002. *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*. México: Conacyt.

_____. 2003. *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2003*. México: Conacyt.

_____. 2005. *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2005*. México: Conacyt.

_____. 2006. *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2006*. México: Conacyt.

Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 2006 a). *Bases para una política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación en México* (versión para comentarios). Grupo de trabajo del Seminario Permanente del FCCyT, abril. México: FCCyT.

_____. 2006 b). *Conocimiento e Innovación en México: hacia una Política de Estado. Elementos para el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Gobierno 2006-2012*, noviembre. México: FCCyT.

Foresight Steering Committee Report. 1996. *A Vital Knowledge System. Dutch Research with a View to the Future*, junio. Amsterdam: Foresight Steering Committee.

OCDE. 1981. «Medición de las actividades científicas y técnicas» en *Manual de Frascati*. Madrid: Fecyt.

_____. 1992. *Manual Oslo*. Directorate for Science Technology and Industry. Committee for Scientific and Technological Policy (1992 y 1996). Paris: OCDE.

_____. 2009. *Estudios de la OCDE de innovación regional en 15 estados mexicanos*, junio. México: OCDE.

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. 1999-2004. *Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos*. Buenos Aires: Ricyt.

SEP-Conacyt. 1990. *Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994*. México: SEP, Conacyt.

- _____. 1993. *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas*. México: SEP, Conacyt.
- _____. 1996. *Programa de Ciencia y Tecnología 1995-2000*. México: SEP, Conacyt.
- _____. 1998. *Historia de las instituciones del sistema SEP-Conacyt*. México: SEP, Conacyt.
- _____. 1999. *Indicadores de actividades científicas y tecnológicas*. México: SEP, Conacyt.
- _____. 2001. *Programa Especial de Ciencia y Tecnología, 2002-2006* en www.conacyt.mx/pecyt/index.html.
- UNESCO. 1999. «Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico». Conferencia Mundial sobre la Ciencia. Budapest: UNESCO.
- _____. 2003. *Statistical Yearbook*. Paris: UNESCO Publishing.
- World Bank. 1993. *The East Asian Miracle. Economic Growth and Public Policy*. Nueva York: Oxford University Press.
- _____. 2000. *World Development Report 2000. Entering the 21st Century: the Changing Development Landscape*. Nueva York: Oxford University Press.
- World Bank y UNESCO. 2000. *Higher Education in Developing Countries. Peril and Promise*. Task Force on Higher Education and Society. Paris: UNESCO Publishing.

Hemerografía

- CERÓN, Carlos. 2009. «Los retos de la transferencia tecnológica». *Investigación y Desarrollo*, marzo, núm. 255, año XVII. México: La Jornada.
- CRUZ, Antimio. 2007 a). «Refuerzan a la industria a golpe de neuronas». *Investigación y Desarrollo*, mayo, núm. 233, año XV. México: La Jornada.
- _____. 2007 b). «Refuerzan Delphi con patentes hechas en México». *Investigación y Desarrollo*, julio, núm. 235, año XV. México: La Jornada.
- _____. 2008. «Incubará la UAM-I empresas tecnológicas». *Investigación y Desarrollo*, enero, núm. 241, año XVI. México: La Jornada.
- _____. 2009 a). «¿Existe una política de Estado en C y T?». *Investigación y Desarrollo*, enero, núm. 253, año XVII. México: La Jornada.
- _____. 2009 b). «Innovación y crisis, sus retos». *Investigación y Desarrollo*, febrero, núm. 254, año XVII. México: La Jornada.

- DE LA PEÑA, Héctor. 2007 a). «Alimentan investigación nacional». *Investigación y Desarrollo*, junio, núm. 234, año XV. México: La Jornada.
- _____. 2007 b). «Con misión, un nuevo enfoque para investigar». *Investigación y Desarrollo*, junio, núm. 234, año XV. México: La Jornada.
- _____. 2008. «Innovación, sustento del desarrollo regional». *Investigación y Desarrollo*, enero, núm. 241, año XVI. México: La Jornada.
- _____. 2009 a). «Presenta Conacyt programas de innovación». *Investigación y Desarrollo*, enero, núm. 253, año XVII. México: La Jornada.
- _____. 2009 b). «Desarrollo tecnológico, premisa de los estados». *Investigación y Desarrollo*, febrero, núm. 254, año XVII. México: La Jornada.
- _____. 2009 c). «Ideas que cambien al mercado». *Investigación y Desarrollo*, febrero, núm. 254, año XVII. México: La Jornada.
- GARCÍA ROMÁN, Raúl. 2007. «Del laboratorio a la industria». *Investigación y Desarrollo*, mayo, núm. 233, año XV. México: La Jornada.
- GONZÁLEZ, Eduardo. 2007 a). «Apuesta GDF a ciencia y tecnología». *Investigación y Desarrollo*, junio, núm. 234, año XV. México: La Jornada.
- _____. 2007 b). «Celebran 15 años de investigación». *Investigación y Desarrollo*, julio, núm. 235, año XV. México: La Jornada.
- _____. 2008. «Ciencia y tecnología ¿cómo federalizarlos?». *Investigación y Desarrollo*, junio, núm. 246, año XVI. México: La Jornada.
- TORRES CRUZ, Isaac. 2008 a). «Enfatizan innovación en reforma a la Ley de C y T». *Investigación y Desarrollo*, septiembre, núm. 249, año XVI. México: La Jornada.
- _____. 2008 b). «Crisis y gasto en C y T ¿cómo salvarlo?». *Investigación y Desarrollo*, octubre, núm. 250, año XVI. México: La Jornada.
- _____. 2008 c). «Apuesta por recursos de una comisión legislativa». *Investigación y Desarrollo*, noviembre, núm. 251, año XVI. México: La Jornada.

Anexos

I.

El tema ¿Qué es la ciencia? no lo escogí yo. Fue Mr. De Rose quien lo propuso. Pero me gustaría decir que, en mi opinión, ¿Qué es la ciencia? no es en absoluto equivalente a «cómo enseñar ciencia», y debo llamar su atención sobre esto por dos razones. En primer lugar, por la forma en que me estoy preparando para dar esta conferencia puede parecer que estoy tratando de decirles cómo enseñar ciencia; pero no va a ser así en absoluto, porque no sé nada sobre niños pequeños. Tengo uno, y por eso sé que no sé. La otra razón es que creo que la mayoría de ustedes (dado que hay tantas charlas y tantos artículos y tantos expertos en este campo) tienen cierta sensación de falta de autoconfianza. En cierto modo, a ustedes siempre les están diciendo que las cosas no van demasiado bien y que deberían aprender a enseñar mejor. Yo no voy a reprenderles por las cosas malas que están ustedes haciendo ni voy a indicarles cómo pueden ser mejoradas; no es esa mi intención.

Como cuestión de hecho, los estudiantes que hoy ingresan en Caltech son muy buenos, y encontramos que van mejorando con los años. Ahora bien, yo no sé cómo se ha hecho. Me pregunto si ustedes lo saben. Yo no quiero interferir con el sistema; es muy bueno.

Hace tan sólo dos días tuvimos una reunión en la que decidimos que ya no es necesario impartir un curso de mecánica cuántica elemental en los estudios de doctorado. Cuando yo era estudiante, ni siquiera había un curso de mecánica cuántica en el doctorado porque se consideraba un tema demasiado difícil. Cuando empecé a dar clases por primera vez, teníamos uno. Ahora la enseñamos a los estudiantes de licenciatura. Descubrimos ahora que no es necesario tener cursos de mecánica cuántica elemental para licenciados de otras facultades. ¿Por qué estamos apretando? Porque somos capaces de enseñar mejor en la universidad, y eso se debe a que los estudiantes que ingresan están mejor preparados.

¿Qué es la ciencia? Por supuesto, todos ustedes lo saben si la enseñan. Eso es sentido común. ¿Qué puedo decir yo? Si ustedes no lo saben, el manual del profesor que acompaña a todo libro de texto ofrece una explicación completa del tema. Es una especie de destilación distorsionada, descafeinada y tergiversada de palabras de Francis Bacon de hace algunos siglos,

palabras que entonces se suponía que eran la filosofía profunda de la ciencia. Pero uno de los mayores científicos experimentales de la época, y que realmente estaba haciendo algo, William Harvey¹, dijo que lo que Bacon decía que era la ciencia que haría un lord canciller. Él hablaba de hacer observaciones, pero omitía el factor vital del criterio acerca de qué observar y a qué prestar atención.

Y por eso, la ciencia no es lo que los filósofos han dicho que es, ni por supuesto, lo que dicen que es los manuales de los profesores. Lo que realmente es, es un problema que yo me planteé a mí mismo una vez que acepté dar esta charla.

Al cabo de algún tiempo recordé un pequeño poema:

Un ciempiés estaba muy feliz, hasta que un sapo le dijo
En broma: «Dime, ¿qué pata viene detrás de que otra?».
Esto le hizo dudar al extremo.
Que distraído cayó en una zanja.
Sin saber cómo andar.

He pasado toda mi vida haciendo ciencia y sé lo que hacía, pero ahora me siento incapaz de explicar lo que he venido a contarles —qué pie viene detrás de qué otro—y, además, me preocupa la analogía con el poema y que ya no sea capaz de hacer investigación cuando vuelva a casa.

Varios periodistas han intentado repetidamente conseguir una especie de resumen de esta charla. La preparé hace poco tiempo, así que fue imposible ofrecérselo; pero ahora los veo a todos apresurándose para escribir un titular que dice: «El profesor llamó sapo al presidente de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias».

Dada esta circunstancia de la dificultad del tema y mi antipatía hacia las exposiciones filosóficas, lo presentaré de una forma no muy habitual. Simplemente voy a decirles cómo aprendí yo lo que es la ciencia. Esto es un poco infantil. Yo la aprendí cuando era niño. La he llevado en mi sangre desde el principio. Y me gustaría decirles cómo lo conseguí. Esto suena como si yo estuviera tratando de decirles cómo enseñar, pero no es ésa mi intención. Yo voy a decirles lo que es la ciencia tal como yo aprendí lo que es la ciencia.

¹ Harvey (1578-1657) descubrió el sistema circulatorio de la sangre (N. del e.).

Mi padre me la enseñó. Se cuenta —yo no soy directamente consciente de la conversación— que cuando yo estaba en el vientre de mi madre mi padre dijo que «si es niño, será científico». ¿Cómo lo hizo? Él nunca me dijo que yo tenía que ser un científico. Él no era científico; era un hombre de negocios, un gerente de ventas de una compañía de uniformes, pero leía acerca de la ciencia y la amaba.

Cuando yo era muy joven —es la primera historia que recuerdo—, cuando todavía comía en una silla alta, mi padre jugaba a un juego conmigo después de cenar. Había comprado todo un lote de viejas baldosas rectangulares del suelo de un baño de alguna casa de Long Island. Las colocábamos en fila, una detrás de otra, y me dejaba empujar la última y observar qué pasaba con el conjunto. Hasta aquí, todo bien.

A continuación el juego mejoró. Las baldosas eran de colores diferentes. Yo tenía que colocar una blanca, dos azules, una blanca, dos azules, y otra blanca y luego dos azules; tal vez yo quería colocar otra azul, pero tenía que ser una blanca. Ustedes reconocen ya el ingenio engatusador habitual: primero hacer disfrutar con el juego, ¡y luego introducir poco a poco material de valor educativo!

Bien, mi madre, que es una mujer mucho más sensible empezó a darse cuenta de la insidia de sus esfuerzos y dijo: «Mel, deja al pobre niño que coloque una baldosa azul si quiere hacerlo». Mi padre dijo: «No, yo quiero que preste atención a las pautas. Son las únicas matemáticas que puedo enseñarle a este nivel primitivo». Si yo tuviera que dar una charla sobre ¿qué son las matemáticas?, ya les habría dado la respuesta. Las matemáticas son la búsqueda de pautas. (El hecho es que esta educación tuvo algún efecto. Tuvimos una prueba experimental directa cuando fui al jardín de infancia. En esos días hacíamos entramados. Lo han suprimido; es demasiado difícil para los niños. Acostumbrábamos a entramar papel coloreado en tiras verticales y construir pautas. La profesora del jardín de infancia estaba tan sorprendida que envió una carta especial a casa para informar que este niño era muy poco normal, porque parecía ser capaz de imaginar por adelantado qué pauta iba a obtener, y construía pautas sorprendentemente complicadas. Así que el juego de las baldosas sí que hizo algo por mí).

Otra cosa que me dijo mi padre —y no puedo explicarla por completo, puesto que fue más una sensación que una historia— era que el cociente entre la circunferencia y el diámetro de cualquier círculo era siempre el mismo, fuera cual fuera su tamaño. Eso no me parecía demasiado obvio, pero este cociente tenía alguna propiedad maravillosa. Era un número maravilloso, un número profundo, π . Había un misterio en este número que yo no acababa de

entender cuando era joven, pero era algo grande, y el resultado fue que yo buscaba π en todas partes.

Cuando más tarde estaba estudiando en la escuela cómo representar fracciones en forma decimal, y cómo representar $3 \frac{1}{8}$, escribí 3.125; y pensando que reconocía a un amigo escribí que eso era igual a π , el cociente entre la circunferencia y el diámetro de un círculo. El maestro lo corrigió y puso 3.1416.

Ilustro estas cosas para mostrar una influencia. Lo importante para mí era la idea de que existe un misterio, que hay algo maravilloso acerca de ese número, y no qué valor tenía ese número. Mucho más tarde, cuando estaba haciendo experimentos en el laboratorio —quiero decir en mi propio laboratorio casero—, jugueteando [...] no, excúsenme, yo no hacía experimentos, nunca los hice; sólo jugueteaba. Yo hacía radios y artilugios. Jugueteaba. Poco a poco, con libros y manuales empecé a descubrir que había fórmulas aplicables a la electricidad que relacionaban la corriente y la resistencia, y así sucesivamente.

Un día, buscando las fórmulas en algún libro descubrí una fórmula para la frecuencia de un circuito resonante que era $2 \pi (LC)^{1/2}$, donde L es la inductancia y C la capacidad del circuito. Y ahí estaba π , pero ¿dónde estaba el círculo? Ustedes se ríen, pero yo entonces estaba muy serio. π era algo que tenía que ver con círculos, y aquí está π saliendo de un circuito eléctrico, donde [representa] el círculo. ¿Saben ustedes, los que se ríen, de dónde sale π ?

Tengo que amar la cosa. Tengo que buscarla. Tengo que pensar sobre ella. Y entonces me di cuenta, por supuesto, de que las bobinas están hechas en círculos. Aproximadamente medio año más tarde encontré otro libro que daba la inductancia de bobinas redondas y de bobinas cuadradas, y en estas otras fórmulas había otras π . Empecé a pensar de nuevo sobre ello, y me di cuenta de que la π no procedía de las bobinas circulares. Lo entiendo mejor ahora; pero en el fondo sigo sin saber dónde está ese círculo, de dónde sale esa π [...]

Me gustaría decir una palabra o dos —¿puedo interrumpir mi pequeña historia? — sobre las palabras y las definiciones, porque es necesario aprender las palabras. Eso no es ciencia; lo que no quiere decir que sólo porque no sea ciencia no tengamos que enseñar las palabras. No estamos hablando de qué hay que enseñar; estamos hablando de qué es la ciencia. No es ciencia saber cómo se pasa de grados centígrados a Fahrenheit. Es necesario, pero no es exactamente ciencia. En el mismo sentido, si están discutiendo qué es el arte, ustedes no dirían que el conocimiento del hecho de que un lápiz 3-B es más blando que un lápiz 2-B es arte. Hay una clara diferencia. Eso no significa que un profesor de arte no deba enseñarlo, o que un

artista se las arregle muy bien si no lo sabe. (Realmente ustedes pueden descubrirlo en un minuto si hacen la prueba; pero eso es una forma científica de explicarlo en la que quizá no piensen los profesores de arte).

Para hablar a los demás tenemos que conocer palabras, y todo eso está bien. Es una buena idea tratar de ver la diferencia, y es una buena idea saber cuándo estamos enseñando las herramientas de la ciencia, tales como las palabras, y cuándo estamos enseñando la propia ciencia.

Para aclarar aún más mi observación, escogeré cierto libro de ciencia para criticarlo desfavorablemente, lo que no es muy justo porque estoy seguro que con poco esfuerzo puedo encontrar cosas igualmente desfavorables que decir sobre otros libros.

Hay un libro de ciencia de grado elemental que, en la primera lección del primer curso, empieza a enseñar ciencia de una manera poco afortunada, porque parte de una idea falsa de lo que es la ciencia. Hay una imagen de un perro, un perro de juguete con cuerda: una mano le da cuerda y entonces el perro es capaz de moverse. Debajo de la última imagen dice: «¿qué le hace moverse?». Más adelante, hay una imagen de un perro real y la pregunta: «¿qué le hace moverse?», y así sucesivamente.

Al principio pensé que se estaban preparando para decir de qué ciencia se trataba: física, biología, química. Pero no era así. La respuesta estaba en el manual del profesor; la respuesta que yo estaba tratando de aprender es que «la energía le hace moverse».

Ahora bien, la energía es un concepto muy sutil. Es muy, muy difícil de captar. Lo que quiero decir con ello es que no es fácil entender la energía lo suficientemente bien como para utilizarla de forma adecuada, de modo que uno pueda deducir algo correctamente utilizando la idea de energía. Eso está más allá del primer curso. Igualmente se podría decir que «Dios le hace moverse» o «un espíritu le hace moverse» o «la movilidad le hace moverse». (De hecho, está igualmente bien decir «la energía le hace pararse»).

Mirémoslo de esta forma: eso es sólo la definición de energía. Debería invertirse. Cuando algo puede moverse podríamos decir que hay energía en ello, pero no que «lo que le hace moverse es la energía». Ésta es una diferencia muy sutil. Sucede lo mismo con este enunciado sobre la inercia. Quizá pueda hacer la diferencia un poco más clara de ésta manera:

Si ustedes preguntan a un niño qué es lo que hace moverse al perro de juguete, si ustedes preguntan a un ser humano corriente qué es lo que hace que se mueva un perro de juguete, eso es en lo que ustedes deberían pensar. La respuesta es que ustedes le dieron cuerda;

el muelle trata de desenrollarse y empuja los engranajes. Qué buena manera de empezar un curso de ciencia. Desmonten el juguete; vean cómo funciona. Vean la astucia de los engranajes; vean los trinquetes. Aprenden algo sobre el juguete, cómo está compuesto, el ingenio de la gente que concibe los trinquetes y otras cosas. Eso está bien. La pregunta es acertada. Es la respuesta la que no es muy afortunada, porque lo que estaba tratando de hacer es enseñar una definición de energía. Pero con ello no se ha aprendido nada.

Supongamos que un estudiante dijera: «Yo no creo que sea la energía lo que le hace moverse». ¿A dónde nos llevaría la discusión?

Finalmente descubrí una forma de comprobar si uno ha enseñado una idea o si sólo ha enseñado una definición. Compruébenlo de esta forma; ustedes dicen: «Sin utilizar la nueva palabra que acaban de aprender, traten de expresar de otra manera lo que acaban de aprender en su propio lenguaje». «Sin utilizar la palabra «energía», díganme lo que saben ahora sobre el movimiento del perro». Ustedes no pueden hacerlo. De modo que no aprendieron nada salvo la definición. No aprendieron nada sobre ciencia. Quizá todo eso sea correcto. Quizá ustedes no quieran aprender algo sobre ciencia inmediatamente. Tienen que aprender definiciones. Pero para una primera lección, ¿no es eso posiblemente destructivo?

Creo que, como lección número uno, aprender una fórmula mística para responder a preguntas es muy malo. El libro contiene algunas otras: «la gravedad le hace caer», «las suelas de sus zapatos se gastan debido a la fricción». El cuero de sus zapatos se gasta debido a que se frota contra la acera y los pequeños cortes y protuberancias de la acera agarran fragmentos y los arrancan. Decir simplemente que es a causa de la fricción es lamentable, porque no es ciencia.

Mi padre trabajaba un poco con la energía y utilizaba el término una vez que yo ya tenía alguna idea sobre ello. Yo sé lo que hubiera hecho él, porque de hecho eso mismo es lo que él hacía (aunque no con el mismo ejemplo del perro de juguete). Si quisiera dar la misma lección, diría: «se mueve porque el Sol brilla». Y yo diría: «No, ¿qué tiene eso que ver con el brillo del Sol? Se movió porque yo le di cuerda».

—¿Y por qué, amigo mío, puedes tú moverte para dar cuerda a este muelle?

—Yo como.

—¿Qué comes tú, amigo mío?

—Yo como plantas.

—¿Y cómo crecen las plantas?

—Crecen porque el Sol brilla.

Y lo mismo sucede con el perro. ¿Qué hay de la gasolina? Es energía acumulada del Sol que es captada por las plantas y conservada en el suelo. Cualquier otro ejemplo termina en el Sol. Y, así la misma idea acerca del mundo que trata de exponer nuestro libro de texto queda reformulada de una forma muy excitante. Todas las cosas que vemos moverse se mueven porque el Sol brilla. Explica. La relación entre una fuente de energía y otra, y puede ser negada por el niño. Éste podría decir: «No creo que se deba a que el Sol brilla», y ustedes pueden iniciar así su debate. De modo que hay una diferencia. (Más tarde yo podría desafiarle con las mareas, y con lo que hace que la Tierra gire, y entrar de nuevo en contacto con el misterio).

Éste es simplemente un ejemplo de la diferencia entre definiciones (que son necesarias) y ciencia. La única objeción en este caso concreto era que se trataba de la primera lección. Ciertamente debe aparecer más adelante, al explicar qué es la energía, pero no en una pregunta tan simple como «¿qué hace que un perro se mueva?». A un niño se le debería dar una respuesta de niño: «abrámoslo; mirémoslo».

Durante los paseos por el bosque con mi padre yo aprendí mucho. En el caso de los pájaros, por ejemplo; en lugar de nombrarlos, mi padre diría: «Mira, fíjate que el pájaro está siempre picoteando en sus plumas. Picotea mucho en sus plumas. ¿Por qué crees tú que picotea en sus plumas?».

Yo conjeturaba que era porque las plumas estaban alborotadas y el pájaro estaba tratando de ordenarlas. Decía: «Muy bien, ¿cuándo se alborotarán las plumas o cómo se alborotarán?». «Cuando vuela. Cuando camina, está bien; pero cuando vuela alborota las plumas».

Entonces él decía: «Tu conjeturarías que cuando el pájaro acaba de posarse tendría que picotear más en sus plumas que cuando las hubiera ordenado y hubiera estado caminando un rato por el suelo. Muy bien; veamos».

De modo que mirábamos, y observábamos, y resultaba, por lo que yo podía ver, que el pájaro picoteaba igual y con la misma frecuencia independientemente de cuánto tiempo hubiera estado andando por el suelo, y no sólo directamente después del vuelo.

Así que mi conjetura era errónea, y yo no podía conjeturar la razón correcta. Mi padre me reveló la razón.

Se trata de que los pájaros tienen piojos. Hay un poco de escama que sale de la pluma —me enseñó mi padre—, materia que puede comerse, y el piojo se la come. Hay un poco de cera que rezuma entre las articulaciones de la pata, y hay un bichillo que vive allí y que puede comer cera. Ahora el bichillo tiene una fuente tan abundante de alimento que no lo digiere demasiado bien, de modo que el extremo de su trasero produce un líquido que tiene demasiado azúcar, y en dicho azúcar vive una minúscula criatura, etc.

Los hechos no son exactos. El espíritu sí que es exacto. En primer lugar aprendí sobre parasitismo, un animal en otro, y en otro, en otro [...]

En segundo lugar, él continuaba diciendo que dondequiera que existe cualquier fuente de algo que pueda servir de alimento para que siga la vida, siempre hay alguna forma de vida que encuentra un modo de utilizar dicha fuente; y que cada trozo de material residual es comido por algo.

La moraleja de esto es que el resultado de la observación, incluso si yo era incapaz de llegar a la conclusión final, era una maravillosa pieza de oro, con un maravilloso resultado. Era algo maravilloso.

Supongamos que se me pidiera que observara, que hiciera una lista, que escribiera, que hiciera esto, que mirara [...] y, cuando escribiera mi lista, ésta pasaba a ser una más entre otras ciento treinta listas en un cuaderno. Yo aprendería que el resultado de la observación es relativamente inútil, que no se sigue mucho de ello.

Creo que es muy importante —al menos lo fue para mí— que, si van ustedes a enseñar a la gente a hacer observaciones, muestren que algo maravilloso puede salir de ellas. Aprendí entonces de qué trataba la ciencia. Era paciencia. Si ustedes mirasen, y observasen, y prestasen atención, obtendrían una gran recompensa de ello (aunque posiblemente no en todas las ocasiones).

Como resultado, cuando me hice un hombre más maduro trabajaba esforzadamente en ciertos problemas, hora tras hora y durante años —a veces muchos años, a veces menos tiempo— fracasando en muchos de ellos, y tirando mucho material a la papelera. Pero de cuando en cuando aparecía el oro de ese nuevo conocimiento que yo había aprendido a esperar cuando era niño, el resultado de la observación. Pues nunca se me enseñó que la observación no valía la pena.

Dicho sea de paso, en el bosque aprendimos otras cosas. Seguíamos paseando y veíamos todas las cosas habituales, y hablábamos de muchas cosas: del crecimiento de las

plantas, de la lucha de los árboles en busca de luz, de cómo trataban de subir tan alto como podían y de cómo podían resolver el problema de subir agua a una altura mayor que 10 o 12 metros, de las pequeñas plantas en el suelo que buscaban los débiles rayos de luz que llegaban hasta allí, de todo lo que crecía, y así sucesivamente.

Al día siguiente de haber visto todo esto, mi padre me llevó de nuevo al bosque y dijo: «En todo este tiempo que hemos estado mirando el bosque, sólo hemos visto la mitad de lo que sucede, exactamente la mitad».

Yo le pregunté: «¿Qué quieres decir?».

Él me respondió: «Hemos estado mirando cómo crecen todas estas cosas, pero por cada cantidad de crecimiento debe haber la misma cantidad de descomposición; de lo contrario los materiales quedarían consumidos para siempre. Aquí habría tirados árboles muertos que habrían consumido toda la materia del aire, y del suelo, y ésta no volvería al suelo ni al aire, y nada más podría crecer porque no habría material disponible. Por cada fragmento de crecimiento debe haber exactamente la misma cantidad de descomposición».

Siguieron muchas caminatas por el bosque durante las que rompíamos viejas ramas, veíamos bichos divertidos y hongos que crecían; él no podía mostrarme bacterias, pero veíamos sus efectos, y así sucesivamente. Yo veía el bosque como un proceso de reciclaje constante de materiales.

Había muchas cosas de este tipo, muchas descripciones de cosas, expresadas de una forma singular. A menudo empezaba a contar algo parecido a esto: «Supón que viene un hombre de Marte y se pone a observar el mundo».

Es una forma muy buena de considerar el mundo. Por ejemplo, cuando yo estaba jugando con mis trenes eléctricos, él me decía que hay una gran rueda movida por agua que está conectada por hilos de cobre, que se extienden y extienden y extienden en todas direcciones; y luego hay pequeñas ruedas, y todas estas pequeñas ruedas giran cuando gira la gran rueda. La única relación entre ellas es por medio de cobre y hierro, nada más, no hay partes móviles. Tú hacer girar aquí una rueda, y giran todas las ruedas pequeñas que hay por todas partes, y tu tren es una de ellas. Era un mundo maravilloso del que me hablaba mi padre [...]

Lo que la ciencia es, pienso yo, quizá sea algo parecido a esto: hubo en este planeta una evolución de la vida hasta la fase en que habían evolucionado animales, que son inteligentes. No quiero decir simplemente seres humanos sino simplemente animales que juegan y pueden

aprender algo por experiencia (como los gatos). Pero en esta fase cada animal tendría que aprender de su propia experiencia. Ellos se desarrollaban poco a poco, hasta que algún animal pudo aprender de la experiencia más rápidamente, y pudo incluso aprender mediante observación de la experiencia de otro; o uno podría mostrar algo al otro, o veía lo que hacía el otro. Así que se dio la oportunidad de que todos pudiesen aprenderlo, pero la transmisión era ineficaz y morían, y quizá el que aprendió murió, también, antes de que pudiese transmitírselo a los otros.

La pregunta es: ¿es posible aprender lo que alguien aprendió por accidente y hacerlo a un ritmo más rápido que el ritmo con que se olvida lo aprendido, bien sea debido a la mala memoria o debido a la muerte de los aprendices o inventores?

Así que quizá llegó un instante en el que, para algunas especies, el ritmo de incremento del aprendizaje alcanzó un punto tal que repentinamente sucedió algo completamente nuevo; las cosas podían ser aprendidas por un animal, transmitidas a otro y a otro, con tanta rapidez que no había pérdidas para la raza. Así se hizo posible una acumulación de conocimiento de la raza.

Esto se ha denominado enlace temporal. No sé quién lo llamó así por primera vez. En cualquier caso, tenemos aquí algunos ejemplos de estos animales, aquí sentados tratando de enlazar una experiencia con otra, cada uno tratando de aprender del otro.

Este fenómeno de tener una memoria de la raza, de tener un conocimiento acumulado transmisible de una generación a otra, era nuevo en el mundo. Pero llevaba dentro una enfermedad. Era posible transmitir ideas erróneas. Era posible transmitir ideas que no eran provechosas para la raza. La raza tiene ideas, pero no son necesariamente provechosas.

Así que llegó un momento en que las ideas, aunque acumuladas muy lentamente, no eran sólo acumulaciones de cosas prácticas y útiles sino grandes acumulaciones de todo tipo de prejuicios y de creencias extrañas y singulares.

Entonces se descubrió una forma de evitar la enfermedad. Ésta consiste en poner en duda que lo que se está transmitiendo desde el pasado es realmente verdadero, y tratar de encontrar *ab initio*, de nuevo a partir de la experiencia, cuál es la situación, antes que confiar en la experiencia del pasado tal como se ha transmitido. Y eso es la ciencia: el resultado del descubrimiento de que vale la pena volver a comprobar por nueva experiencia directa, y no confiar necesariamente en la experiencia del pasado. Así lo veo. Ésta es mi mejor definición.

Me gustaría recordarles todas las cosas que ustedes conocen muy bien para darles un poco de entusiasmo. En religión, se enseñan lecciones morales, pero no se enseñan sólo una vez: ustedes son influidos una y otra vez, yo pienso que es necesario influir una y otra vez, y recordar el valor de la ciencia para los niños, para los adultos y para cualquier otra persona, en varios aspectos. No sólo para que se conviertan en mejores ciudadanos, más capaces de controlar la naturaleza y todo eso. Hay otras cosas.

Está el valor de la visión del mundo creada por la ciencia. Está la belleza y la maravilla del mundo que se descubre a través de los resultados de estas nuevas experiencias. Es decir, las maravillas del contenido que acabo de recordarles: que las cosas se mueven porque el Sol brilla, lo que es una idea profunda, muy extraña y maravillosa. (Pese a todo, no todas las cosas se mueven porque el Sol brilla. La Tierra gira independientemente de que el Sol brille, y las reacciones nucleares produjeron recientemente energía en la Tierra, una nueva fuente de energía. Probablemente los volcanes están en general [impulsados] por una fuente diferente del brillo del Sol).

El mundo se ve de forma muy diferente después de aprender ciencia. Por ejemplo, los árboles están hechos de aire, básicamente. Cuando se queman, vuelven al aire, y en el calor llameante se libera el calor llameante del Sol que estaba ligado para convertir el aire en árboles, y en las cenizas está el pequeño remanente de la parte que no procede del aire, y que venía en su lugar de la tierra sólida.

Estas son cosas bellas, y el contenido de la ciencia está maravillosamente lleno de ellas. Son muy inspiradoras, y pueden utilizarse para inspirar a otros.

Otra de las cualidades de la ciencia es que enseña el valor del pensamiento racional, así como la importancia de la libertad de pensamiento; los resultados positivos vienen a poner en duda que las lecciones sean todas verdaderas. En la enseñanza en especial ustedes deben distinguir la propia ciencia de las formas o los procedimientos que se suelen utilizar en el desarrollo de la ciencia. Es fácil decir: «Nosotros escribimos, experimentamos y observamos, y hacemos esto o aquello». Pueden copiar esa forma exactamente. Pero las grandes religiones se diluyen por seguir la forma sin recordar el contenido directo de las enseñanzas de los grandes líderes. Del mismo modo, es posible seguir las formas y llamar a eso ciencia, pero es pseudociencia. De esta manera todos sufrimos el tipo de tiranía que hoy se da en las grandes instituciones que han caído bajo la influencia de consejeros pseudocientíficos.

Por ejemplo, tenemos muchos estudios sobre didáctica en los que la gente hace observaciones y se hacen listas y estadísticas, pero esto no se convierte luego en ciencia establecida, en conocimiento establecido. Son simplemente una forma imitativa de la ciencia. Es parecido a lo que sucede con los habitantes de las islas de los Mares del Sur, que construyen aeropuertos, torres de radio, todo ello hecho de madera, esperando así que llegue un gran avión. Incluso construyen aviones de madera de la misma forma que los que ven en los aeropuertos de los extranjeros que viven a su alrededor, pero, de forma extraña, esos aviones no vuelan. El resultado de esta imitación pseudocientífica es producir expertos, lo que son muchos de ustedes: expertos.

Ustedes, profesores que están realmente enseñando a los niños en el nivel inferior, quizá puedan dudar de los expertos de cuando en cuando. Aprendan de la ciencia que ustedes *deben* dudar de los expertos. Como cuestión de hecho, yo puedo definir la ciencia también de otro modo: ciencia es la creencia en la ignorancia de los expertos.

Cuando alguien dice que la ciencia enseña tal y tal cosa, está utilizando la palabra incorrectamente. La ciencia no lo enseña; es la experiencia la que lo enseña. Si ellos les dicen que la ciencia ha demostrado tal y tal cosa, ustedes podrían preguntar: «¿Cómo lo demuestra la ciencia —cómo lo descubrieron los científicos— [...] cómo, qué, dónde?». La ciencia no lo ha demostrado sino que es este experimento, este efecto, el que lo ha demostrado. Y, una vez oídos los experimentos (pero debemos oír *toda* la evidencia), usted tiene tanto derecho como cualquier otro a juzgar si se ha llegado a una conclusión reutilizable.

En un campo que es tan complicado que la auténtica ciencia no es aún capaz de llegar a ninguna parte, tenemos que confiar en una especie de sabiduría pasada de moda, una especie de sencillez definitiva. Estoy tratando de inspirar al profesor en el nivel inferior para que tenga alguna esperanza y alguna autoconfianza en el sentido común y en la inteligencia natural. Los expertos que les están guiando quizá estén equivocados.

Probablemente he arruinado el sistema, y los estudiantes que están ingresando en Caltech ya no serán tan buenos. Creo que vivimos en una era acientífica en la que casi todo el embate de las comunicaciones y los programas de televisión, los libros y demás cosas son acientíficos. Esto no significa que sean malos sino que son acientíficos. Como resultado, hay mucha tiranía intelectual en nombre de la ciencia.

Finalmente, un hombre no puede vivir más allá de la tumba. Cada generación que descubre algo a partir de su experiencia debe transmitirlo, pero debe transmitirlo con un

delicado equilibrio entre respeto y falta de respeto, de modo que la raza (ahora que es consciente de la enfermedad a la que está sometida) no imponga sus errores de forma demasiado rígida en su juventud sino que en efecto transmita la sabiduría acumulada, más la sabiduría que quizá no sea sabiduría.

Es necesario enseñar a aceptar y a rechazar el pasado con una especie de equilibrio que requiere una habilidad considerable. La ciencia es la única de todas las disciplinas que contiene dentro de sí misma la lección del peligro de la creencia en la infalibilidad de los maestros de la generación precedente.

Sigamos así. Gracias.

¿Qué es la ciencia?

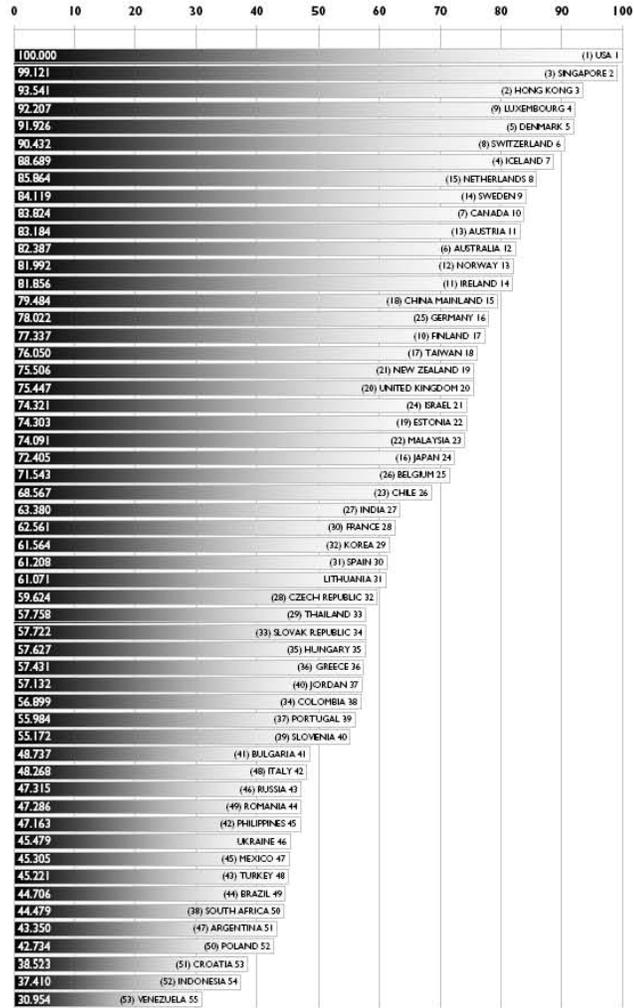
Richard P. Feynman

II.

Campos de la ciencia según el Manual de Canberra	
Ciencias naturales	Matemáticas e Informática Ciencias físicas, químicas y biológicas Ciencias de la tierra y del medio ambiente
Ingeniería y tecnología	Ingeniería civil Ingeniería eléctrica y electrónica Otras ciencias de la ingeniería
Ciencias médicas	Medicina fundamental Medicina clínica Ciencias de la salud
Ciencias agrícolas	Agricultura, silvicultura, pesca y ciencias afines Medicina veterinaria
Ciencias sociales	Psicología Economía Ciencias de la comunicación Otras ciencias políticas
Humanidades y otros	Historia Lengua y literatura Otras humanidades
Fuente: OCDE (1995: 89).	

III.

THE WORLD COMPETITIVENESS SCOREBOARD 2007



(2006 rankings are in brackets)

